ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第六十卷　　第三期

研究報告

葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria* spp.) 在台灣引起之酪梨採收後病害研究
倪蕙芳、莊明富、許淑麗、賴素玉、楊宏仁 157
土壤蒸汽處理對溫室東方甜瓜生育之影響
王毓華、蘇俊峰、楊智凱、林毓雯、林楨祐、魏夢麗 167
利用近紅外線光譜儀檢測甘藷台農 57 號烤藷品質之研究
利幸貞、廖大經 178
藥劑對蔬菜斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 之岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 之影響
錢景秦、張淑貞 185
水稻良種繁殖圃中異型株之遺傳分析
吳東鴻、胡凱康 197
荔枝園潛熱及二氧化碳通量之研究
姚銘輝、陳俊仁、黃國祥 211
稉稻新品種台農 84 號之育成
陳隆澤、廖大經、黃守宏、卓緯玄、顏信沐、羅正宗、陳榮坤 221

中華民國一〇〇年九月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　台灣　台中市

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(3):157–166 (2011)

葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria* spp.) 在台灣引起之酪梨採收後病害研究 [1]

倪蕙芳[2] 莊明富[2] 許淑麗[2] 賴素玉[2] 楊宏仁[3,4]

摘 要

倪蕙芳、莊明富、許淑麗、賴素玉、楊宏仁。2011。葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria* spp.) 在台灣引起之酪梨採收後病害研究。台灣農業研究 60:157–166。

本研究調查台灣酪梨之主要採收後病害種類，發現以蒂腐病、果斑病及炭疽病為主。由 2008–2009 年所調查的 18 個果園共計 731 顆果實之發病結果顯示，2008 年蒂腐病、果斑病及炭疽病之發生率依序為 32.9、31.3 及 46.2%；2009 年蒂腐病、果斑病及炭疽病之發生率則依序為 19.3、16.3 及 29.3%。由蒂腐病及果斑病病斑所分離之病原菌，依其培養之分生孢子型態及核糖體內轉錄區間序列 (Ribosomal DNA, ITS) 分子鑑定後發現 *Lasiodiplodia theobromae*、*Neofusicoccum parvum*、*Neofusicoccum mangiferae* 及 *Fusicoccum aesculi* 等 4 種葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria*) 真菌為主要之病原菌。上述四種病原以針刺製造傷口接種於酪梨果實時具有病原性，其中又以 *L. theobromae* 之病原性最強，亦是造成酪梨蒂腐病之主要病原菌。

關鍵詞：酪梨、採收後病害、蒂腐病、果斑病、葡萄座腔菌屬。

前 言

酪梨 (*Persea americana* Mill.) 別名為幸福果、黃油果、油梨、鱷梨，屬樟科 (Lauraceae)，為一產自中南美洲及墨西哥之常綠果樹，主要栽培地區有墨西哥、智利、南非、美國及以色列。根據行政院農業委員會農糧署所載 (www.afa.gov.tw)，台灣酪梨之栽培起於 1918 年由日本人自美國引入嘉義農業試驗支所即目前之嘉義農業試驗分所，目前台灣酪梨栽培面積為 873 ha，主要產地集中於台南市大內區、麻豆區、佳里區、嘉義縣竹崎鄉及台東縣關山鎮等地。

台灣酪梨現有紀錄之病害，計有根腐病 (root rot)、炭疽病 (Anthracnose)、瘡痂病 (Scab)、枝枯病、葉枯病 (Leaf blight)、蒂腐病 (Hsu *et al.* 2002) 及果斑病 (Fruit spot rot) (Ni *et al.* 2009) 等，其中炭疽病、蒂腐病及果斑病為採收後病害。在台灣常見造成酪梨果實腐爛之病害，其病徵分為兩種，一為發病由蒂頭開

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2533 號。接受日期：100 年 8 月 3 日。
2. 本所嘉義農業試驗分所植物保護系副研究員兼系主任、助理研究員、研究助理、研究助理。台灣 嘉義市。
3. 本所嘉義農業試驗分所研究員兼分所長。台灣 嘉義市。
4. 通訊作者，電子郵件：yhr@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

始，向下蔓延之蒂腐病，另一為發病部位在果實身上任何一個部位產生斑點病徵之果斑病。美國植物病理學會網站 (http://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Avocado.aspx) 登載之酪梨果腐病害，即包含蒂腐及果斑兩種病徵之病害，其相關之病原菌有 *Colletotrichum gloeosporioides*、*Lasiodiplodia theobromae* (= *Botryodiplodia theobromae*) 、*Phomopsis perseae*、*Botrytis cinerea*、*Cylindrocladium scoparium*，*Dorthiorella aromatica*、*D. gregaria*、*Fusarium decemcellulare*、*Pestalotia* sp.、*Rizopus stolonifer* 及 *Sclerotinia sclerotiorum* 等，其中 *L. theobromae*、*D. aromatica*、*D. gregaria* 之有性世代為葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria*) 之病原真菌。

Botryosphaeria 屬真菌為一廣泛存在於自然界且種類繁多之真菌，寄主範圍廣泛，可存在於單子葉植物、雙子葉植物、裸子植物、木本植物枝條、草本植物的葉等。其營養方式可以腐生、寄生及內生菌形式存在，常造成林木嚴重病害 (Crous *et al.* 2006)。在台灣有關本屬病原菌引起之病害報導甚為稀少，僅知有 *Botryosphaeria dothidea* 引起之桃流膠病、梨輪紋病、垂柳枝枯病；由 *B. ribis* 所引起之葡萄房枯病；由 *B. rhodina* (無性世代為 *L. theobromae*) 所引起之番石榴莖潰瘍病、芒果、木瓜、柑橘果實蒂腐病、香蕉軸腐病、萊豆苗莖枯病、番石榴果腐病、蓮霧黑腐病、波羅蜜果腐病等 (Hsu *et al.* 2002; Kuo 1998; Ni *et al.* 2008; Wang *et al.* 2007; Wang & Hsieh 2006)；由 *B. parva* 引起之梨莖潰瘍病及稍枯病 (Shen *et al.* 2010)。

近年筆者在酪梨果實採後病害之調查上，發現酪梨蒂腐病及果斑病確為酪梨採收後重要之病害，然而在台灣並無詳細之病原研究，更遑論提供農民適當之防治方法，為此，本研究擬針對台灣酪梨採收後果腐病害種類進行調查，並將所分離之不同病原菌種類，分別經由柯霍式法則證明其病原性，並藉由型態及分子技術鑑定病原菌種類，希望藉由系統化之研究，釐清台灣酪梨採收後病害種類及發病嚴重度，以提供農民病蟲害綜合管理之依據。

材料與方法

酪梨採收後病害發生調查

本研究於 2008–2009 年採集嘉義、玉井、麻豆、佳里、關山等主要產地之酪梨，共採樣 18 個果園，每果園隨機調查 10–20 顆果實，共計 731 顆。所採集之果實於實驗室拆除套袋後，逐一置放於塑膠籃內，並擺放於實驗室中，待其後熟後調查其採後病害發生之種類，若由果蒂開始腐爛變黑者，記錄為蒂腐病；若為果身產生果斑則記錄為果斑病，產生果斑並有桔紅色孢子堆者則記錄為炭疽病，並進行病徵拍照及病原菌分離。

病原菌分離與保存

自罹病酪梨果實，經 75%酒精直接擦拭表面，待表面酒精揮發後，以滅菌解剖刀切取果表病斑組織，置於 APDA (Acidified PDA，高溫滅菌後 PDA 回溫至約 60℃時，低入 50%乳酸調整 PH 值到 3.8，凝固備用) 平板上，並於室溫下培養。病組織長出菌絲後，再切取菌落邊緣之菌絲，置於 PDA 平板上，待其產孢後，將其孢子塗佈於 2%水瓊脂平板 (water agar) 進行單孢分離，所得之單孢株培養於 PDA 斜面，並置於 8–10℃冰箱中保存。

病原菌形態鑑定

將所分離之病原真菌培養於 2% 水瓊脂培養基上經高溫滅菌 (121℃，15 分鐘) 之木麻黃針葉上，並置於每日 12 小時近紫外光燈照處理之 25℃定溫箱中，培養 2–4 星期，待其產生柄子器及分生孢子後，挑取分生孢子置於載玻片上，並以顯微鏡 (Nikon 80i, Japan) 進行觀察，並測量至少 50 個分生孢子之長度及寬度。

病原菌分子鑑定

DNA 製備

將所分離之病原真菌以簡易 NaOH 萃取方式 (Tsai 2005) 進行 DNA 之抽取，並以真菌通用性引子 ITS1 (5’-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3’) 及 ITS4 (5’-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3’) (White *et al.* 1990)，增幅包含真菌 ITS1、5.8S 及 ITS2 之 rDNA (ITS) 區域片段。所得 PCR 產物再委託源資生物科技公司 (台北，台灣) 進行核酸定序工作，定序後之核酸序列，利用美國國家生物科技資訊中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 網站內基因資料庫中，所登錄之序列進行查詢與比對。

病原性測試

自市場購買酪梨果實 (Hall 品種)，以自來水洗淨後，再以 75%酒精擦拭後備用。將單孢純化之病原菌培養於 PDA 平板 3–7 天 (依不同病原菌生長速度不同而有差異)，以直徑 5 mm 之打孔器自菌落邊緣打孔製成圓盤，取單一圓盤菌絲塊接種於預先以無菌針頭製造傷口之酪梨果實，每個菌株測試 3 顆果實，另以針頭製造傷口接種不含菌之 PDA 圓盤做為對照，以上處理均置於室溫下套袋保濕 2 天後，逐日記錄病斑大小。所得結果經 SAS 9.1 統計分析軟體 (SAS Institute, Inc. North Carolina, 2003) 進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，若處理效果顯著 ($P < 0.05$)，則進而利用最小顯著性差異 (Least significance difference, LSD) 測驗比較各處理平均值間之差異。為符合柯霍氏法則，發病果實再次進行病原菌分離，以確定其病原性。

結　　果

酪梨病害調查

本研究於 2008–2009 年由台南市佳里區、麻豆區、玉井區，台東縣關山鎮及嘉義縣中埔鄉、竹崎鄉、番路鄉各產區共 18 個田區所採集之 731 顆酪梨果實，經除去套袋後，置於室溫下觀察其採收後病害發生之情形，結果如表 1 所示。依其病徵表現以蒂腐病、果斑病及炭疽病為主，蒂腐病之病徵初由蒂頭開始呈現褐斑並向下延伸，病斑會呈指狀 (圖 1A)，切開果實後內部呈黑化腐爛 (圖 1B)；果斑病徵初期在果身上造成大小不一之褐色斑點，向下按壓亦有軟腐之情形，形狀為邊緣規則或不規則之圓形斑 (圖 1C)；而炭疽病之病斑 (圖 1D) 會輕微凹陷，與果斑病不容易區別，因此常以其是否產生桔色孢子菌泥加以區分。2008 年及 2009 年調查之 18 個酪梨果園中，酪梨果實之蒂腐病罹病率分別為 32.9%及 19.3%，果斑病罹病率分別為 31.3%及 16.3%，而炭疽病之罹病率則分別為 46.2%及 29.3% (表 1)，完全健康之果實佔 17.8%及 57.5%。

表 1. 2008 年及 2009 年酪梨蒂腐病、果斑病及炭疽病之發生率及 *Botryosphaeria* 屬真菌之分離率

Table 1. Survey on incidence of stem-end rot, fruit spot rot and anthracnose of avocado in Taiwan in 2008 and 2009 and frequency of *Botryosphaeria* spp. in stem-end rot and fruit spot rot samples [z]

	2008		2009	
Disease	Incidence (%)	*Botryosphaeria* spp. (%)	Incidence (%)	*Botryosphaeria* spp. (%)
Stem-end rot	32.9	86.4	19.3	74.1
Fruit spot	31.3	72.1	16.3	72.5
Anthracnose	46.2		29.3	

[z] A total of 731 fruits collected from 18 avocado orchards in Chiayi county, Yujing, Madou, Jiali Dist. and Guanshan township in 2008 and 2009 was used in this survey.

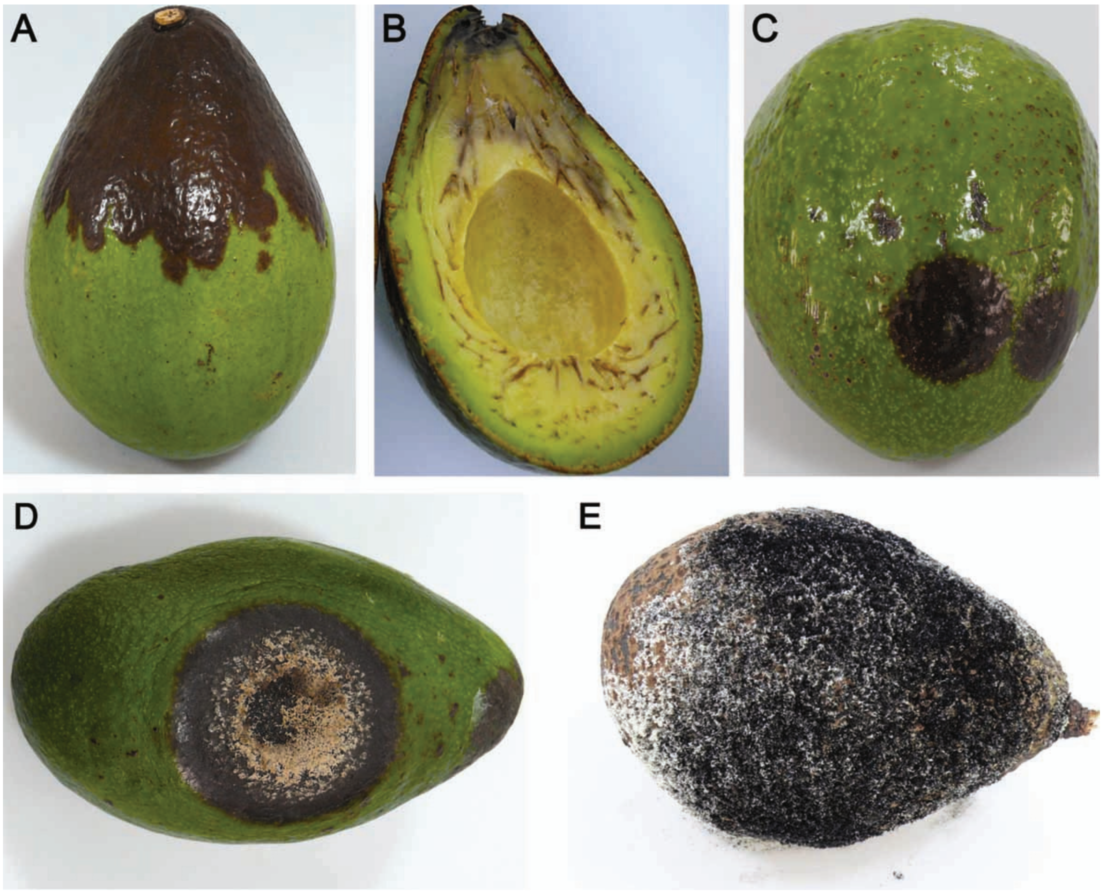

圖 1. 酪梨果實採收後病害之病徵。(A, B) 蒂腐病；(C) 果斑病；(D) 炭疽病；(E) 蒂腐病菌在果實上產孢之情形。

Fig. 1. Post-harvest diseases of avocado fruits showing symptoms of stem-end rot caused by *Lasiodiplodia theobromae* (A, B). Fruit spot rot caused by *Neofusicoccum mangiferae* (C), anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (D). Note sporulation of *C. gloeosporioides* (D) and *L. theobromae* (E) on the surface of infected fruits.

病原菌形態及分子鑑定

為進一步瞭解引起蒂腐病及果斑病之病原菌種類，本研究分別將蒂腐及果斑病病健部組織，以 APDA 培養基進行病原菌分離，結果發現不論由蒂腐病斑或果斑病斑，都可分離到不同型態之葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria* spp.) 之真菌，依其培養及孢子型態可分為四種，第一種為菌絲初期無色繼而呈灰黑色，並有濃密之氣生菌絲，以 APDA 平板分離時，培養基背面初期會呈現淡橄欖綠色 (圖 2A)。其由柄子器產生之分生孢子，初期無色單室，後轉為褐色、卵圓形，中間有隔，孢子具有縱紋 (圖 2B)。本研究所分離之 2 個分離株其孢子大小平均值約為 24.7 μm × 13.52 μm (表 2)，為進一步確認其分類地位，利用真菌核糖體 DNA 之通用性引子，以 PCR 增幅本菌之核糖體內轉錄區間，經序列分析後 (表 2，Accession No. HM008597 及 HM008598)，發現與 GenBank 上所登錄之

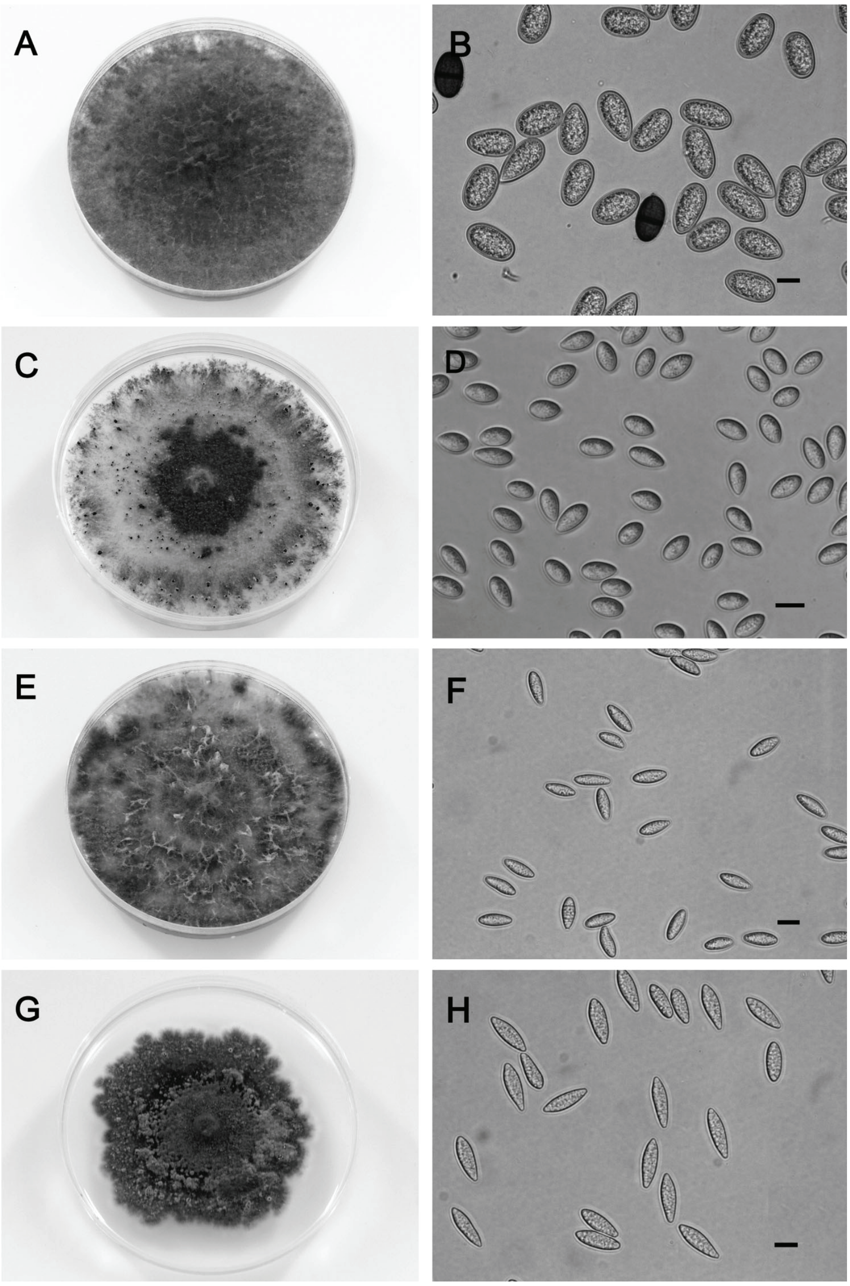

圖 2. 引起採收後酪梨果實腐爛的病原菌在 Acidified PDA 上之培養型態及分生孢子型態。(A、B) *Lasiodiplodia theobromae*；(C、D) *Neofusicoccum mangiferae*；(E、F) *N. parvum*；(G、H) *Fusicoccum aesculi*。標尺 = 10 μm.

Fig. 2. Colony morphology (A, C, E, G) and conidial shape (B, D, F, H) of fruit rot pathogens of avocado from cultures on Acidified PDA. From top to bottom: *L. theobromae* (A, B), *N. mangiferae* (C, D), *N. parvum* (E, F), and *F. aesculi* (G, H). (Bar = 10 μm)

表 2. 酪梨蒂腐病及果斑病菌菌株來源、分生孢子大小及核醣體非轉錄區間序列

Table 2. Origin, conidial morphology and ITS of ribosomal DNA of isolates of *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum mangiferae* and *Fusicoccum aesculi* from stem-end rot and fruit spot rot tissues of avocado in Taiwan

Isolate number	Identity	Location	Conidium length (μm ± SE)	Conidium width (μm ± SE)	Conidium Length/Width ratio	ITS GenBank Accession No.
B1464	*L. theobromae*	Jiali, Tainan	23.54 ± 0.22 [z]	13.89 ± 0.09	1.70 ± 0.12	HM008597
B1613	*L. theobromae*	Jhongpu, Chiayi	25.86 ± 0.37	13.15 ± 0.20	1.97 ± 0.13	HM008598
B1183	*N. mangiferae*	Jiali, Tainan	13.51 ± 0.10	6.67 ± 0.06	2.03 ± 0.14	HM021154
B1640	*N. mangiferae*	Jiali, Tainan	11.55 ± 0.10	6.30 ± 0.06	1.84 ± 0.12	HM021155
B1118	*N. parvum*	Guanshan, Taitung	13.83 ± 0.17	5.46 ± 0.04	2.54 ± 0.26	HM015907
B1174	*N. parvum*	Guanshan, Taitung	16.99 ± 0.18	5.30 ± 0.06	3.22 ± 0.24	HM015908
B1134	*F. aesculi*	Guanshan, Taitung	24.48 ± 0.18	5.54 ± 0.06	4.44 ± 0.42	HM060312
B1147	*F. aesculi*	Guanshan, Taitung	21.10 ± 0.25	6.34 ± 0.05	3.33 ± 0.24	HM060313

[z] Values are mean ± SE (n = 50).

L. theobromae (Accession No. EU860391) 具有100%之相同度。第二種真菌在 APDA 平板之菌落型態，為中央灰黑色，周圍白色菌絲，菌落周圍為花瓣狀 (圖 2C) ，其柄子器較小，分生孢子透明單孢，卵圓形 (圖 2D)，本研究測定 2 個分離株之孢子大小平均為 12.82 μm × 6.49 μm (表 2)，其 ITS 序列 (表 2，Accession No. HM021154 及 HM021155) 則與 NCBI 之 *N. mangiferae* (Accession No. AY 615185) 有100%之相同度。第三種真菌以 APDA 平板培養時，其菌落型態為黑色菌絲，菌落周圍會有花紋狀，氣生菌絲較少 (圖 2E)，其柄子器產生之分生孢子為紡錘形 (圖 2F)，大小約在 15.41 μm × 5.38 μm (表 2)，ITS 序列 (表 2，Accession No. HM015907 及 HM015908) 與 NCBI 之 *N. parvum* (Accession No. GU997688) 相同度達100%。第四種真菌在 APDA 平板上，為濃密平鋪之黑色菌絲 (圖 2G)，其分生孢子為紡錘型 (圖 2H)，大小平均為 22.79 μm × 5.94 μm (表 2)，其 ITS 序列 (表 2，Accession No. HM060312 及 HM060313) 與 NCBI 之 *Fusicoccum aesculi* (有性世代為 *Botryosphaeria dothidea*) (Accession No. EF 638749) 有 100%相同度。

病原菌之病原性測試

為確認上述四種葡萄座腔菌屬真菌在酪梨果實上之病原性，將上述 *L. theobromae*、*N. mangiferae*、*N. parvum* 及 *F. aesculi* 菌株，分別接種於酪梨果實，並經柯霍氏法則驗證其病原性。結果顯示 *L. theobromae* 以圓盤菌絲塊接種於針刺傷口處理之果實，接種後 2 天，果實於接種點開始產生水浸斑，爾後病斑逐日擴大，約 7 天整個果實完全腐爛，並於發病部位開始產生大量黑色分生孢子 (圖 1E)。四種病原菌接種後之病斑大小，以 *L. theobromae* 最大，於接種 5 天後可測得直徑 100 mm 以上之病斑，其次為 *N. parvum* 約可造成直徑 60 mm 之病斑，*N. mangiferae* 約可造成直徑 40 mm 之病斑，而 *F. aesculi* 所造成之病斑最小，約僅直徑 20 mm 左右之病斑 (表 3)。由此四種病原菌所造成之病斑，再次進行病健部組織之分離培養，發現與所接種之病原菌相同。

討　　論

根據台灣酪梨病害相關研究顯示，酪梨之果實病害有 *C. gloeosporioides* 引起之炭疽病、由 *L. theobromae* 引起之蒂腐病、由 *P. palmivora* 引起之果實腐敗 (Ann *et al.* 2006)，其中炭疽病

及蒂腐病均為採收後病害，於果實後熟時方會表現病徵，嚴重影響果實之儲架壽命。至於果實上常見之果斑病，除了由 *N. mangiferae* 引起之報告外 (Ni *et al.* 2009)，並無其它病原菌之相關研究。然而根據美國植物病理學會之酪梨病害名彙，所記載之果腐病原真菌卻有 13 種之多，因此本研究由國內酪梨常見之蒂腐及果斑病著手，對病原菌種類進行深入瞭解。

由本研究之結果顯示，台灣酪梨除炭疽病外，果斑病及蒂腐病發生均相當普遍，其中在 2008–2009 年度之調查資料中顯示，炭疽病之發生率約在 30%以上，而蒂腐病及果斑病發生率亦均在 15%以上，顯示其均為國內酪梨相當重要之採收後病害。將酪梨蒂腐病及果斑病病果組織分離之病原菌，觀察其產孢方式、分生孢子形態特徵與分析核糖體內轉錄區間序列後發現，在果實上造成蒂腐及果斑之葡萄座腔菌屬 (*Botryosphaeria*) 病原菌，有 *L. theobromae*、*F. aesculi*、*N. parvum* 及 *N. mangiferae* 等 4 種。*L. theobromae* 已知在台灣為多種熱帶果樹果實之病原菌，且於本研究依蒂腐病斑及果斑病斑所分離之病原菌種類進行分析，結果顯示 2008 及 2009 年由 *Botryosphaeria* 病原菌引起之酪梨蒂腐病約佔 86.4%及 74.1%，其中依 2009 年之個別病斑分離鑑定結果，更顯示 *Botryosphaeria* 屬中之 *L. theobromae* 佔 88.8%，為台灣酪梨蒂腐病主要病原菌，其它如 *N. parvum*、*N. mangiferae* 及 *F. aesculi* 所佔之比率相對較低，分別僅佔 2.5、7.5 及 1.3% (圖 3)，為次要病原。酪梨蒂腐病大部份之病徵表現，均由果蒂開始發生並向下延伸，病斑周圍呈不規則樣，由此現象推測病原菌可能經由果梗潛伏於果蒂或果梗中，待果實成熟後才顯現蒂腐之病徵，已有報告顯示採收時將果梗長度維持 2 cm 以上，可較果梗僅留 0.5 cm 或是不留果梗者，降低蒂腐病之發生率 (Hartill & Everett 2002)。另外本研究亦發現，

表 3. 酪梨果實 (Hall 品種) 接種 *Lasiodiplodia theobromae*、*Neofusicoccum parvum*、*N. mangiferae* 及 *Fusicoccum aesculi* 五天後之病斑平均直徑

Table 3. Pathogenicity of *L. theobromae*, *N. parvum*, *N. mangiferae* and *F. aesculi* on fruits of avocado cv. 'Hall'

Treatments	Lesion diameter (mm)[z]
L. theobromae (B-1464)	115.0 ± 10.4 a[y]
L. theobromae (B-1613)	106.3 ± 25.2 a
N. parvum (B-1118)	59.3 ± 3.8 b
N. parvum (B-1174)	67.3 ± 0.3 b
N. mangiferae (B-1183)	41.0 ± 2.0 bc
N. mangiferae (B-1640)	39.7 ± 7.4 bc
F. aesculi (B-1134)	17.0 ± 5.1 c
F. aesculi (B-1147)	18.7 ±9.7 c
LSD (0.05)	32.4

[z] Lesion Diameter on avocado fruits was measured at 5 days after inoculation.
[y] Values are mean ± SE (n = 3). Means followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

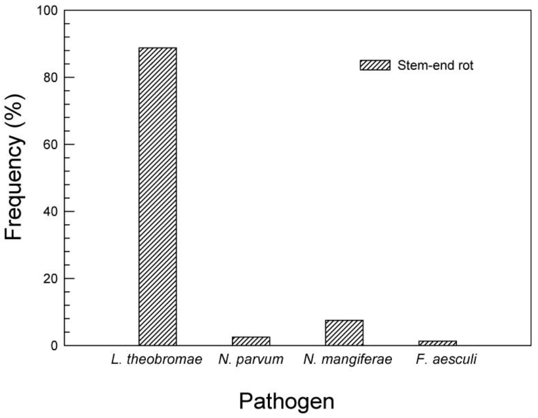

圖 3. 酪梨蒂腐病斑之 *Lasiodiplodia theobromae*、*Neofusicoccum mangiferae*、*Neofusicoccum parvum* 及 *Fusicoccum aesculi* 之分離率。

Fig. 3. Frequency of *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum mangiferae*, *Neofusicoccum parvum* and *Fusicoccum aesculi* isolated from samples of avocado fruits showing symptoms of stem-end rot. Avodaco fruits were collected from Chiayi, Yujing, Madou, Jiali and Guanshan in Taiwan.

L. theobromae 感染酪梨果實後可產生許多黑色分生孢子，佈滿整顆果實表面 (圖 1E)，此現象與此該菌感染蓮霧果實造成黑腐病相同，但該菌在感染其它果實如芒果及香蕉等，僅造成果實快速腐爛，鮮少在果實上有大量產孢之現象，此與酪梨之成份促進本菌產孢是否有關則仍需進一步探討。又本菌利用人工培養時，難以獲得大量分生孢子，因此未來將病原接種在酪梨果實，以獲取大量孢子進行試驗或為可行。此外，於田間所棄置之落果亦可能發生大量產胞之現象，而成為田間之感染源，因此本病藉由清園防止此病害之發生應為重要防治方法之一。另外，在果斑病發生調查結果顯示，2008 及 2009 年果斑病之發生率分別為 31.3% 及 16.3%，*Botryosphaeria* 屬佔 72.1%及 72.5%，顯示此屬病原菌亦是造成果斑病之主要病原，然由於其病徵皆發生於果實造成果斑，有可能藉由分生孢子進行感染，因此推測在酪梨套袋前，若能進行適當之防治，應可減少果斑病之發生。

另外上述在酪梨果實上所分離之四種 *Botryosphaeria* 屬病原菌，與美國、紐西蘭及南非等地造成酪梨果實病害之病原菌略有差異，在美國佛羅里達造成酪梨蒂腐病之 *Botryosphaeria* 病原菌，主要為 *N. luteum* 及 *Dorthiorella aromatica* (http://edis.ifas.ufl.edu/pg134)；而在紐西蘭造成酪梨果腐之主要 *Botryosphaeria* 病原菌，主要為 *N.* (Hartill 1991; Everett & Pak 2002)；至於南非則以 *D. aromatica* 為主 (Lise *et al*. 1993)。此些主要致病種類之差異性是否與栽培品種或氣候因子相關則仍待進一步探討。

綜合言之，本研究已釐清由葡萄座腔菌屬中之 *L. theobromae*、*N. parvum*、*N. mangiferae* 及 *F. aesculi* 等病原菌，可引起台灣酪梨果實蒂腐病及果斑病之發生，其中 *L. theobromae* 為造成酪梨蒂腐之主要病原菌，因此未來在進行酪梨之栽培管理時需加強葡萄腔座菌屬病原菌之相關防治，方能有助於未來酪梨產業品質之提升。

誌　謝

本研究承柯文琪、王晉鐘、陳幸葵、曾怡婷等助理協助，特此申謝。

引用文獻 (Literature cited)

Ann, P. J., I. T. Wang, F. H. Chang, J. N. Tsai, and H. D. Shih. 2006. *Phytophthora* diseases of avocado in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 55:13–24.

Crous, P. W., B. Slippers, M. J. Wingfield, J. Rheeder, W. F. O. Marasas, A. J. L. Philips, A. Alves, T. Burgess, P. Barber, and J. Z. Groenewald. 2006. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. Stud. Mycol. 55:235–253.

Everett, K. R. and H. A. Pak. 2002. Infection criteria for pathogens causing body rots in avocados. N. Z. Avocado Growers Assoc. Annu. Res. Rep. 2:1–7.

Hartill, W. F. T. 1991. Post-harvest diseases of avocado fruits in New Zealand. N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 19:297–305.

Hartill, W. F. T. and K. R. Everett. 2002. Inoculum sources and infection pathway of pathogens causing stem-end rots of ‘Hass’ avocado (*Persea americana*). N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 30:249–260.

Hsu, S. T., T. T. Chang, C. A. Chang, J. L. Tsai, and T. T. Tsay. 2002. List of Plant Diseases in Taiwan. Taiwan Phytopathological Society. Taichung. 386 pp. (in Chinese)

Kuo, C. H. 1998. Seedling stem blight of lima bean caused by *Botryodiplodia theobromae*. Plant Prot. Bull. 40:315–327. (in Chinese)

Lise, K., E. E. de Villiers, A. Rowell, and J. M. Kotze. 1993. Postharvest biological control of avocado fruit diseases. S. Afr. Avocado Growers’ Assoc. Yearb. 16:65–69.

Ni, H. F., R. S. Chen, S. F. Chang, and H. R. Yang. 2008. First report of *Lasiodiplodia* fruit rot of jackfruit in Taiwan. Plant Dis. 92:1137.

Ni, H. F., R. F. Liou, T. H. Hung, R. S. Chen, and H. R. Yang. 2009. First report of a fruit rot disease of avocado caused by *Neofusicoccum mangiferae*. Plant Dis. 93:760.

Shen, Y. M., C. H. Chao, and H. L. Liu. 2010. First report of *Neofusicoccum parvum* associated with stem canker and dieback of Asian pear trees in Taiwan. Plant Dis. 94:1062.

Tsai, H. L. 2005. Development of Techniques for Detection of Latent Infection and Molecule Identification of Mango Anthracnose Fungi. Master thesis, Graduate Institute of Plant Pathology and Microbiology. National Taiwan University. 92 pp.

Wang, H. L., P. H. Chen, H. F. Ni, and R. S. Chen. 2007. Physiological characterization and screen of control chemicals for *Lasiodiplodia theobromae* of papaya. Plant Pathol. Bull. 16:71–77.

Wang, C. L. and H. Y. Hsieh. 2006. Occurrence and pathogenecity of stem canker of guava in Taiwan caused by *Botryosphaeria rhodina*. Plant Pathol. Bull. 15:219–230.

White, T. J., T. Bruns, S. Lee, and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. p. 315–322. *in*: PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications. (Gelfand, D. H., J. J. Sninsky, T. J. White, and M. A. Innis, eds.) Academic Press, USA.

Survey of *Botryosphaeria* spp., Causal Agents of Postharvest Disease of Avocado, in Taiwan[1]

Hui-Fang Ni[2], Ming-Fuh Chuang[2], Shu-Li Hsu[2], Su-Yu Lai[2], and Hong-Ren Yang[2,3]

Abstract

Ni, H. F., M. F. Chuang, S. L. Hsu, S. Y. Lai, and H. R. Yang. 2011. Survey of *Botryosphaeria* spp., causal agents of postharvest disease of avocado, in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 60:157–166.

The objectives of this study were to survey postharvest diseases of avocado in Taiwan, including stem-end rot, fruit spot and anthracnose, and to determine major pathogens of stem-end rot and fruit spot rot of this crop. During 2008–2009, a total of 731 avocado fruits was collected from 18 orchards in the major avocado production areas of Chiayi, Yujing, Madou, Jiali and Guanshan and used for isolation of fungal pathogens. Results showed that the incidences of stem-end rot, fruit spot, and anthracnose was 32.9, 31.3, and 46.2%, respectively, in 2008 and 19.3, 16.3, and 29.3%, respectively, in 2009. All fungi isolated from fruit samples showing symptoms of stem-end rot and fruit spot rot were identified as *Botryosphaeria* species, including *Lasiodiplodia theobromae*, *Neofusicoccum parvum*, *Neofusicoccum mangiferae*, and *Fusicoccum aesculi*, based on morphological characteristics and ITS sequences. Among these four species, *L. theobromae* was identified as the major pathogen of stem-end rot disease of avocado in Taiwan.

Key words: Avocado, *Persea americana,* Post-harvest diseases, Stem-end rot, Fruit spot rot, *Botryosphaeria* spp., *Lasiodiplodia theobromae*.

---

1. Contribution No. 2533 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 3, 2011.

2. Respectively, Associate Researcher and Head, Assistant Researcher, Research Assistant, Research Assistant, Plant Protection Department, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Senior Researcher and Director, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: yhr@dns.caes.gov.tw.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(3):167–177 (2011)

土壤蒸汽處理對溫室東方甜瓜生育之影響 [1]

王毓華[2] 蘇俊峰[3] 楊智凱[4] 林毓雯[5] 林楨祐[6] 魏夢麗[2,7]

摘　要

王毓華、蘇俊峰、楊智凱、林毓雯、林楨祐、魏夢麗。2011。土壤蒸汽處理對溫室東方甜瓜生育之影響。台灣農業研究 60:167–177。

由於近年來溫室土壤經長期連作，造成東方甜瓜植株提早萎凋，影響其產量及品質。本研究以東方甜瓜'嘉玉'為試驗材料，以嘉義太保市蔬果栽培溫室為試區，利用自走式蒸汽處理機進行土壤蒸汽處理，以了解其能否改善溫室內長期連作造成土壤問題，進而促進植株生長與生育，並提高果實產量與品質。試驗結果顯示，土壤蒸汽處理過程中，土層深度 10 cm 處，土壤平均溫度連續 1.5 小時超過 60℃。土壤經蒸汽處理後，東方甜瓜植株生長勢較對照組佳，葉片長、寬顯著較大，而萎凋情形也顯著較輕微；處理組的果實產量可提高 38.1%，總收成率為 95.8%，平均單果重為 555.9 g，果長、果寬、果肉厚均顯著較對照組佳。因此可知，溫室內土壤經蒸汽處理，對東方甜瓜的植株及果實生育均具有正面效果。

關鍵詞：甜瓜、土壤蒸汽處理、連作障礙、果實性狀。

前　言

東方甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 為葫蘆科 (Cucurbitaceae) 一年生蔓性草本作物，屬於薄皮甜瓜 (*C. melo* L. var. *makuwa* Makino)，消費市場俗稱為美濃瓜，又可稱為香瓜，具有成熟期短、果實甜度高、香氣強、風味佳、肉質脆等特性。根據 98 年農業統計年報資料顯示，台灣東方甜瓜的年栽培面積約 2100 ha，主要產地包括屏東縣 (487 ha)、高雄縣 (468 ha) 及雲林縣 (438 ha) (COA 2009) 等地。過去蔬菜栽培方式大多採匍匐式露地粗放栽培，隨著農業栽培技術進步，塑膠布溫室設施栽培多應用於生產高經濟價值的蔬果，例如網紋洋香瓜、小果番茄及甜椒等，藉由設施的利用可降低作物直接暴露於自然環境下的風險，避免其對蔬果生產造成損失，以穩定蔬果栽培生產。但是塑膠布溫室在夏季易發生高溫蓄積及土壤鹽分累積問題，進而影響作物生長發育 (Higashide 2009; Wubs *et al.* 2009)，使得塑膠布溫室在高溫期的利用性受到限制。為了提高塑膠布溫室於高溫期之使用效益，農友將較耐高溫的東方甜瓜引

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2544 號。接受日期：100 年 8 月 23 日。
2. 本所作物組助理研究員、前助理研究員。台灣　台中市。
3. 本所植物病理組助理研究員。台灣　台中市。
4. 本所農業工程組副研究員。台灣　台中市。
5. 本所農業化學組助理研究員。台灣　台中市。
6. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所助理研究員。台灣　高雄市。
7. 通訊作者，電子郵件：yhwang@tari.gov.tw；傳真機：(04)23338162。

進設施內栽培，利用精緻化管理方式，採用植株直立式栽培，每株只選留 1–2 個果實，不但提昇果實品質，也提高產品價格。利用溫室栽培東方甜瓜可避免下雨季節植株直接受到雨害，也減少露天栽培所面臨的病蟲害問題，尤其是藉由雨水飛濺所傳播的病害和大型昆蟲。

由於溫室受限於固定式的結構，不易與水田輪作，加上土壤缺乏天然雨水淋洗，可能衍生其他病蟲害侵襲或連作障礙。連作障礙因作物種類、栽培環境及管理模式而異，包括頻繁的重機械耕耘或湛水狀態下耕耘造成之土壤物理性劣變、植物根分泌或殘株分解釋出相剋化學物 (allelochemical) 而產生自毒性 (autotoxicity)、有益微生物族群及數量變化造成病原菌數量增加、及肥料施用未能配合作物養分需求所造成之養分失衡等。多種植物具有自毒性，如紫花苜蓿、大豆、綠豆、水稻、甘蔗、小麥、大麥、玉米、蘆筍、番茄、茄子、萵苣、花胡瓜、西瓜、向日葵、萬壽菊、茶、咖啡等 (Liu *et al.* 2008)。土壤養分失衡則最常發生於缺乏雨水淋洗的設施栽培環境，設施栽培通常複作指數較高，施用的肥料缺乏雨水淋洗，也容易使鹽分在土壤中累積、滲透壓上升，造成植物的根無法正常吸收水分及養分，因而影響生長。台灣氣候高溫多濕，設施栽培的期作數較溫帶國家更多，故較露天栽培更易發生連作障礙，而設施栽培甜瓜之連作障礙則以病原菌族群數量增加造成根部病害、鹽分累積造成水分及養分吸收障礙為最常見。

甜瓜若因連作障礙使得根系受到嚴重傷害時，首先發生的病徵為植株植株快速萎凋 (melon vine decline)，在著果後的果實膨大期尤其嚴重。由於果實膨大時需要大量水分，此時植株若因外在因素的干擾，特別是病原微生物的感染，便會發生植株快速萎凋及死亡的現象，使得甜瓜果實品質降低或失去商品價值 (Martyn & Miller 1996)。目前該病害已在世界各地造成甜瓜產地的嚴重經濟損失，從地中海沿岸、美國到亞洲均有相關報導 (Uematsu *et al.* 1985; Aegerter *et al.* 2000; Garcia-Jimenez *et al.* 2000; Chilosi *et al.* 2008)。造成甜瓜植株快速萎凋的原因，可能有多種土壤傳播性病原菌，其可單獨或複和感染 (Fita *et al.* 2009a)，包括 *Monosporascus cannonballus* Pollack et Uecker (黑點根腐病)、*Acremonium cucurbitacearu* Alfaro-Garcia W. Gams et Garcia-Jimenez、*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich 和 *Rhizopycnis vagum* DF Farr 等 (Bruton & Miller 1997; Garcia-Jimenez *et al.* 2000; Chilosi *et al.* 2008)。近年來，台灣甜瓜產區亦有發生甜瓜植株快速萎凋的問題，經鑑定主要病原菌為 *M. cannonballus* 所引起的黑點根腐病，病害嚴重發生時，發病率達 80%以上 (Tsay & Tung 1994; Lin *et al.* 2008)。

針對土壤連作所衍生的問題，已有多種技術用以克服栽培障礙，包括輪作、太陽能熱處理、化學藥劑燻蒸、嫁接及蒸汽處理等 (Ucko *et al.* 1992; Palti & Katan 1997; Pivonia *et al.* 2002; Fita *et al.* 2007; Triky-Dotan *et al.* 2009)。利用水旱田輪作可於露天栽培上解決連作障礙，然而東方甜瓜溫室栽培則受限於設施條件與經濟效益，不容易被農友所採用。太陽能熱處理應考量日照環境的因素，往往還需配合土壤燻蒸處理，以提高其效果 (Gamliel *et al.* 2000)。但以化學藥劑操作土壤燻蒸雖具效果，燻蒸藥劑卻可能危害人體健康及環境，在使用上受到法律條文的管制 (Cohen *et al.* 2000; Stanghellini *et al.* 2003)。嫁接處理則普遍使用於園藝作物上，有關甜瓜嫁接已有許多相關研究報告 (Fita *et al.* 2007; Beltran *et al.* 2008)，但隨著栽培品種不同，嫁接砧木的選擇需要長期審慎評估接穗與砧木間的親和性等問題 (King *et al.* 2008)。利用土壤蒸汽消毒處理解決土壤傳播病害國內外均有文獻報告 (Gay *et al.* 2010; Lee *et al.*

2007; Liu 2007)，主要乃利用高溫殺死土壤中的病原微生物，但是因過去的蒸汽處理機機體笨重、移動困難、使用不便 (Liu *et al*. 1998)，此外，燃料能源的消耗亦為蒸汽處理使用上必須考慮的問題。

國內東方甜瓜於溫室經過長期連作後，近年來也開始出現植株提早萎凋的現象，其可能原因尚無相關研究報導，亦無有效可行的解決方案。因此為了在短期內提供迅速、有效的非農藥解決方法，本研究乃利用農業試驗所所開發的自走式土壤蒸汽處理機，進行溫室內土壤蒸汽處理，評估東方甜瓜植株生育情形、植株萎凋狀況及果實品質，以作為溫室東方甜瓜栽培上的參考。

材料與方法

土壤蒸汽處理田間試驗設計

農試所於 2008 年初研製完成田間自走式土壤蒸汽處理機，以物理性蒸汽高溫殺死病原菌以達到防治土壤傳播性病害之效果。本機由蒸汽產生器與自走動力底盤兩大部分組成，蒸汽產生能力為 1500 kg/h，並藉由 85 馬力柴油引擎提供履帶行走動力，可於田間或連棟設施間靈活移動 (圖 1)。本試驗於 2009 年 7 月選定嘉義縣太保市一處 PVC 塑膠布溫室為試驗田，本試區已經過每年 2 期作，至少 3 年連作栽培東方甜瓜‘嘉玉’，溫室四周以 32 目防蟲網隔離，試驗區為 8 m × 60 m (寬 × 長)，土壤處理分為蒸汽處理組及未經蒸汽處理組 (對照組)。溫室土壤於處理前需經由充分翻土整地使其質地均勻，田區設計採 CRD，每處理 4 重複，每重複栽培 100–120 株。土壤蒸汽處理組於該年 7 月 17 日進行處理，先將栽培土壤以耕耘機開溝作畦，蒸汽管線佈於畦面上預定之栽培位置，上方覆蓋塑膠蓋片，確保處理作業過程蒸汽可有效滲入土壤，並分別於田間 4 處距離蒸汽管線約 50 cm 處土壤中埋設 PT100 感溫棒，監測深度分別為 5、10 及 15 cm，以小型紀錄

圖 1. 自走式蒸汽處理機。
Fig. 1. A self-propelled soil disinfector for steaming the soil used in this study.

器 (Temperature logger, MicroLog PRO-EC750, Fourier Systems Ltd., Israel) 監測記錄蒸汽處理過程溫度變化。於蒸汽處理當日上午 11 時 50 分完成佈線工作，自 12 時 30 分開機處理，處理 3.5 小時 (下午 4 時) 關機，接著再悶 0.5 小時，全程蒸汽處理時間為 4 小時。對照組則依慣行法，土壤經翻土整地後，開溝作畦備用。

供試材料

供試植株材料選用東方甜瓜‘嘉玉’ (農友種苗公司)，首先將種子以億力 1000 倍做表面消毒 30 分鐘，並以流水浸種 24 小時後，置於鋪有濕布的培養皿中，移至定溫箱催芽 (30℃ 黑暗處理)，待種子有芽點長出 (約 0.2 cm) 時，栽種於含有泥炭土栽培介質的 104 格育苗盤。播種後 2 星期，植株幼苗即會有 2 片本葉伸展出。植株幼苗於該年 7 月 20 日定植於試驗田，採用土耕直立式栽培，行距為 1 m，株距為 0.25 m。

植株及果實性狀調查與統計分析

植株栽培管理：植株定植於試驗田後，採單株留主蔓的栽培管理方式，待植株生長至攀爬網頂端時 (約 180 cm) 摘除頂芽。於主蔓第 10–15 節之間選擇 1–2 條強健的子蔓為著果位置。授粉後，當子房膨大至直徑 2 cm 時進行疏果，每植株僅留 1 個果型端正之幼果，其他栽培管理則依溫室栽培東方甜瓜慣行法管理之。

植株性狀調查方法：本試驗於東方甜瓜生育期間採樣 3 次，分別為定植後 31 (開花期)、38 (小果期) 及 45 天 (中果期)，每重複逢機採樣 10 植株，調查其葉片生長情形，調查項目包括著果節位上下共 4 片葉片之葉長及葉寬；為了評估溫室栽培之東方甜瓜連作障礙所衍生的植株提早衰敗問題，分別於定植後 21 天 (開花前)、45 天 (中果期) 及 52 天 (大果期) 調查不同生育時期植株萎凋情形，每重複調查 80 株；由於植株萎凋時會伴隨著葉片黃化現象，故同時逢機選取 10 株，以葉綠素計 (Chlorophyll meter, SPAD-502, Minolta Co. Ltd., Japan) 測定著果節位葉片之 SPAD 讀值，每葉片測 2 點，取其平均值，以了解東方甜瓜生育過程植株萎凋與葉片黃化現象。

果實性狀調查方法：於雌花開花後 7 (定植後 38 天，小果期)、14 (定植後 45 天，中果期) 及 21 天 (定植後 52 天、大果期) 調查甜瓜之著果節位和果實周徑。於 9 月 8–13 日 (植株定植後 50–55 天) 待果實轉色後，每重複逢機採收 10 個果實，調查單果重量，並將果實剖半後，量測果實之長、寬、果肉厚及果肉之可溶性固形物。

統計分析：本試驗調查所得各項資料均以 SAS-EG (Version 4.1, 2006) 統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA) 及最小顯著差異性測驗 (least significant difference test, LSD test)。

結　果

土壤蒸汽處理溫度監測

根據土壤溫度監測記錄 (圖 2)，土壤蒸汽處理前，不同深度的土壤溫度在 4 個監測點均為 40℃以下，蒸汽處理後約 1.5 小時，土壤溫度開始上升，約 3.5 小時 (下午 4 時) 後關機，此時溫度達到最高峰，土壤深度 5 cm 處 4 個監測點平均為 83.6℃、土壤深度 10 cm 處平均為 69.2℃及土壤深度 15 cm 處平均為 53.3℃。以土壤深度 10 cm 處而言，4 個監測點溫度達 60℃以上之處理時間，皆超過 1.5 小時。根據觀察，蒸汽處理機關機後土壤深度 5 cm 與 10 cm 處土壤溫度開始下降，而土壤深度 15 cm 處因熱傳導持續進行，處理後 4 小時 (下午 4 時 30 分) 約略繼續升溫 1℃，而後才開始下降。

植株生育性狀比較分析

為了評估土壤蒸汽處理對東方甜瓜植株生長的影響，分別於定植後 31、38 及 45 天調查葉片大小，由於東方甜瓜在定植後 31 天左右，

植株已開始開花著果，經由人工摘除頂芽後，葉片完全展開，隨著生長期增加，葉片大小固定而不再增加，因此本報告僅列出定植後 31 天的結果。根據觀察，栽培於蒸汽處理過之土壤的東方甜瓜，植株生長勢強、生長整齊，當葉片數量長至平均 27 片時，植株已開始開花著果，因此即進行人工摘除頂芽。對照組則植株生育情形不整齊、生長勢差，直到平均葉片數量為 29 片時，才開始正常開花著果。進一步比較著果節位上、下葉位之葉片大小在處理間的差異，由表 1 結果可知，在 5%顯著水準下，蒸汽處理組所調查 4 片葉的平均葉長及葉寬均顯著較對照組為大。觀察東方甜瓜植株萎凋與葉片黃化情形，由圖 3 結果顯示，隨著定植日期增加，蒸汽處理組與對照組的植株萎凋比率也增加 (圖 3A)，然而葉綠素計讀值則呈現降低趨勢 (圖 3B)。當植株定植 21 天尚未開花時，處理組植株萎凋情形不明顯，平均萎凋率

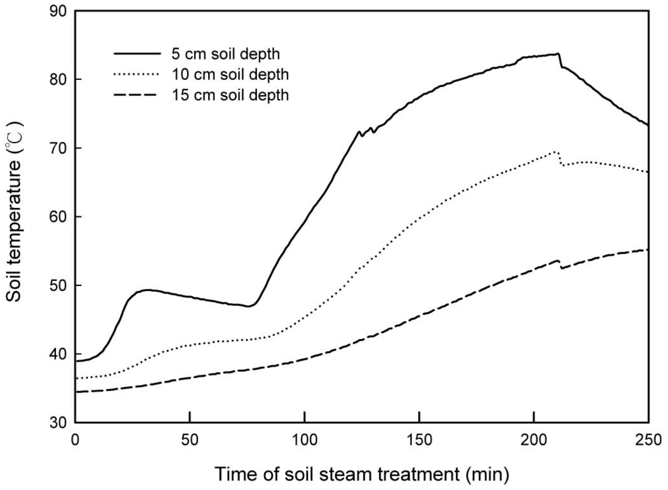

圖 2. 蒸汽處理過程不同土壤深度之溫度變化。

Fig. 2. Effect of duration of steam treatment on soil temperatures measured at different soil depths.

表 1. 土壤蒸汽處理對東方甜瓜'嘉玉'果實著果節位上、下各 2 片葉之葉片大小的影響 [z]

Table 1. The effects of steam treatment of soil on leaf size of oriental melon 'Grill' [z]

Soil treatment	1st leaf [y]		2nd leaf		3rd leaf		4th leaf	
	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Width (cm)	Length (cm)	Width (cm)
Steaming	13.9 ± 0.1 a [x]	20.6 ± 0.1 a	13.8 ± 0.1 a	19.9 ± 0.4 a	14.0 ± 0.2 a	19.6 ± 0.1 a	14.2 ± 0.4 a	20.3 ± 0.2 a
Control	11.5 ± 0.2 b	16.8 ± 0.4 b	11.4 ± 0.2 b	16.7 ± 0.2 b	11.4 ± 0.3 b	16.4 ± 0.3 b	11.3 ± 0.2 b	16.4 ± 0.3 b

[z] Leaves of 31 day-old plants grown in the greenhouse were measured for length and width.
[y] 1st leaf: the leaf above the fruiting node; 2nd leaf: the leaf on the fruiting node; 3rd leaf: first leaf below the fruiting node; and 4th leaf: second leaf below the fruiting node.
[x] Mean ± standard error (n = 4). Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

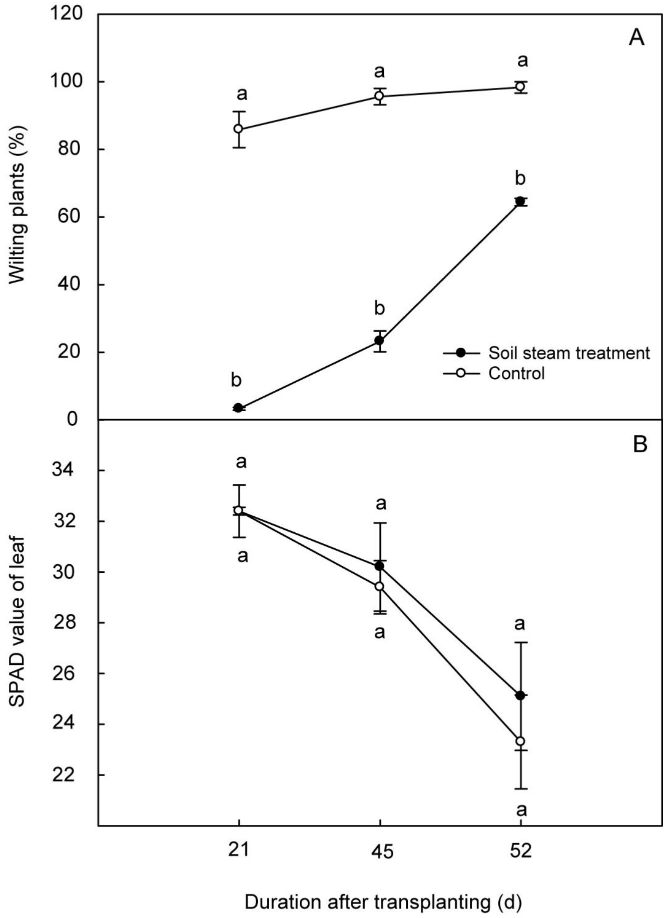

圖 3. 土壤蒸汽處理對東方甜瓜‘嘉玉’不同生育時期 (A) 植株萎凋情形之影響及 (B) 著果節位之葉片葉綠素讀值。

Fig. 3. Effects of soil steam treatment on wilt of plants (A) and leaf SPAD value (B) of oriental melon ‘Grill’ at different growth stages. Error bar is the standard error (n = 4). Means with the same letter for each growth stage are not significantly different at 5% level by LSD test.

僅為 3.3%，對照組則已高達 85.8%。授粉後隨著果實膨大發育，處理組植株萎凋現象較對照組緩慢，於果實採收前的大果期 (定植後 52 天)，處理組植株萎凋率僅升高至 64.4%，而對照組則快速萎凋且幾乎皆已萎凋，兩者萎凋率有顯著差異。雖然處理組與對照組之東方甜瓜著果節位葉片的葉綠素讀值未有顯著差異，但隨著植株萎凋發生，葉綠素讀值則有下降的趨勢。

植株產量及果實性狀比較分析

本試驗結果顯示果實收成率在處理組與對照組之間未達顯著差異 (表 2)，但經土壤蒸汽處理後平均產量高達 1.74 t/0.1 ha，顯著較對照組為高，約可提高 38.1%。為了評估東方甜瓜果實膨大情形，分別於定植後 38 (小果期)、45 (中果期) 及 52 天 (大果期) 調查果實周徑大小，由圖 4 結果可知，在 5%顯著水準下，蒸汽處理組的果實周徑在不同發育時期均顯著大

表 2. 土壤蒸汽處理對東方甜瓜'嘉玉'果實收成率、產量成熟果實特性之影響

Table 2. Effects of soil steam treatment on harvestable fruits, yield and fruit size and quality of oriental melon 'Grill'

Soil treatment	Harvestable fruits (%) [z]	Yield (t/0.1ha)	FW [y] (g)	FL (cm)	FD (cm)	FT [x] (cm)	TSS [x] (°Brix)
Steaming	95.4 ± 1.6 a [w]	1.74 ± 1.2 a	555.9 ± 33.8 a	9.3 ± 0.3 a	10.6 ± 0.2 a	2.1 ± 0.1 a	12.4 ± 0.6 a
Control	91.7 ± 0.8 a	1.26 ± 0.6 b	390.9 ± 25.7 b	8.1 ± 0.1 b	9.3 ± 0.3 b	1.7 ± 0.1 b	12.0 ± 0.8 a

[z] Harvestable fruits (%) = number of harvestable fruits/number of plants.

[y] FW: fruit weight; FL: fruit length; FD: fruit diameter.

[x] FT: flesh thickness; TSS: total soluble solids.

[w] Mean ± standard error (n = 4). Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by LSD test.

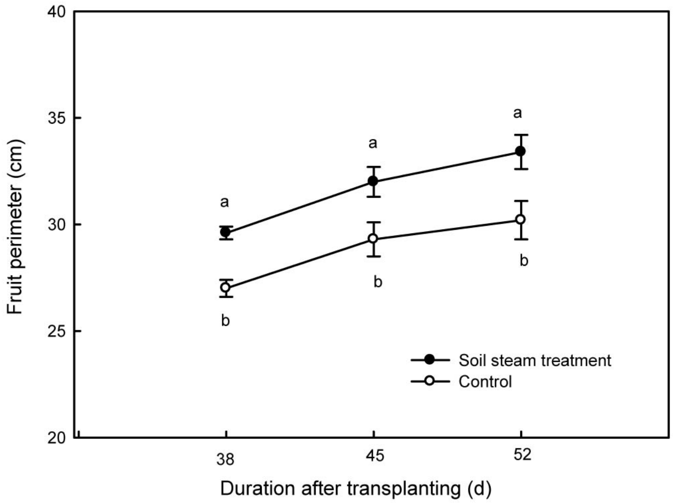

圖 4. 土壤蒸汽處理對不同時期東方甜瓜'嘉玉'果實周徑發育情形變化。

Fig. 4. Effects of soil steam treatment on fruit perimeter of oriental melon 'Grill' at different growth stages. Error bar is the standard error (n = 4). Means with the same letter for each growth stage are not significantly different at 5% level by LSD test.

於對照組。東方甜瓜之果實外觀性狀及果肉品質如表 2 結果所示，土壤蒸汽處理組之平均單果重為 555.9 g，顯著較對照組為大，而蒸汽處理後的平均果長、果寬及果肉厚均顯著較佳，且果實平均可溶性固形物在處理組與對照組之間則無顯著差異，顯示土壤蒸汽處理對東方甜瓜的甜度並無影響，平均甜度均可達 12°Brix 以上。由此可見，東方甜瓜栽培溫室之土壤，經過蒸汽處理後，對果實發育具有正面的效果。

討 論

利用溫室生產高品質東方甜瓜為這幾年新興崛起的農業技術，藉由精緻化栽培管理，大幅提昇農產品的品質與價格 (Tai & Tsai 2008)，同時也促進夏季高溫期蔬果栽培溫室的利用效率，為農友帶來豐厚的收益。根據過去 2 年在嘉義縣蔬果栽培溫室區所觀察結果，甜瓜栽培陸續發生植株快速萎凋問題，以網紋洋

香瓜為例，由於生長期需 75–100 天，一旦發生植株快速萎凋，對於果實品質影響甚劇，因此多數農友轉而栽培生長期較短 (定植後 45–60 天可採收) 的東方甜瓜，以期降低風險、提高利潤。由本研究發現，即使是生育期短的東方甜瓜，同樣會面臨植株萎凋早衰的問題。試驗結果顯示，東方甜瓜栽培於未經處理的試區，由於植株生長勢差、整齊度不佳、葉片生長受到抑制、葉片提早黃化，當植株開始開花授粉後，果實生長發育緩慢、果實不易膨大、小果提早轉色成熟，因此具商品價值之果實比率較低，品質與產量均較不穩定。由於造成甜瓜植株快速萎凋提早衰敗的原因很多 (Fita *et al.* 2009a)，引起嘉義地區溫室東方甜瓜萎凋究竟是夏季高溫的生理性萎凋、或是土壤連作鹽分累積、抑或土壤傳播性病害侵襲，仍待進行相關研究，若能釐清造成植株萎凋的主要因素，將有助於未來建立更安全而永續的管理技術。

本研究亦進行田間罹病株的採樣調查，溫室土壤中確實有黑點根腐病原菌的存在，以及甜瓜植株根系受到此病原菌侵襲的狀況，初步推論植株萎凋現象與黑點根腐病的發生有關係 (資料尚未發表)。然而，病害發生與栽培環境之間的相互作用，則待進一步的研究確認。因此針對目前溫室東方甜瓜萎凋問題，並以黑點根腐病危害為前提，擬定下列三階段解決策略：短程目標以開發快速簡便的物理與化學防治方法 (Liu *et al.* 1998; Spadaro & Gullino 2004; Liu 2007)，中程目標則是研發耐病根砧之嫁接技術 (Wolff & Miller 1998; Fita *et al.* 2007; Beltran *et al.* 2008)，長程目標為利用抗病育種以克服病害問題 (Dias *et al.* 2002; Fita *et al.* 2009a)。本研究即是以達成短程目標為原則，採用本所於 2008 年所研發之自走式蒸汽處理機，經由設計改良，使其易於田間設施內移動操作，採用物理性方法，利用土壤蒸汽處理，降低土壤中微生物密度，減少土壤傳播性病害之危害，本機已於近年內進行莧菜及甜瓜等作物之處理試驗，多數均有正面的效果 (Yang *et al.* 2010)，而本研究於嘉義縣太保市選定曾發生東方甜瓜萎凋問題之蔬果栽培溫室為試驗田，經過土壤蒸汽處理後，觀察植株從幼苗至採收過程之生長情形。根據結果顯示，溫室土壤經由蒸汽處理後，對東方甜瓜之葉片生育具有正面的效應，由於葉片營養的累積可能會影響果實的生長，因此可推論健康的葉片生長將有益於生產較佳品質的東方甜瓜。

若要提高東方甜瓜於溫室栽培之總收益，除了植株健康情形，還有兩個產量構成要素值得重視，其一為果實收成率，亦即總種植株數中可採收具商品價值果實的比率；另一為果實特性，包含單果重量、外觀性狀、果肉食味性，也就是具高品質之優良果實收成率愈高，則種植溫室東方甜瓜的利潤愈高 (Tai & Tsai 2008)。根據本研究結果，土壤經蒸汽處理組的植株生長速度快、生長勢佳、葉片健康，致果實總產量增加。一般栽培東方甜瓜 (30–40 cm) 平均產量約為 1.2 t/0.1 ha，本試驗採用較為密集栽培 (25 cm)，相對地總產量在土壤蒸汽處理試區可達 1.7 t/0.1 ha 以上，較對照組可增產 38%。由於溫室栽培之東方甜瓜在消費市場上為高級水果，對於果實品質的要求很高，必須口感好、甜度高、大小適中 (約 500–600 g)，而土壤蒸汽處理對東方甜瓜果實生長確實具有正面的作用，平均單果重為 556 g，且其果肉厚度明顯增加，然而甜度風味並不會受到影響，完全符合市場評價的需求。因此足以證明，利用蒸汽處理東方甜瓜栽培溫室的土壤，不但可增加產量，對於果實大小及品質均有正面的效果，短期內具有克服土壤病害-黑點根腐病之潛力，可提供農友栽培參考使用。然而土壤經過蒸汽高溫處理後，對於土壤中可溶性營養源、微生物相及土壤物理性結構等，是否具有其他正面或負面效果，將來仍待進行相關研究。由

於蒸汽處理機運轉需要消耗能源，此涉及成本問題，因此將來如何再改良機器，以減低能源用量並提高處理效率，則尚需農業機械研究團隊再投入研發。

誌　謝

本研究承嘉義縣太保市謝振隆先生協助田間試驗工作，謹此誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

Aegerter, B. J., T. R. Gordon, and R. M. Davis. 2000. Occurrence and pathogenicity of fungi associated with melon root rot and vine decline in California. Plant Dis. 84:224–230.

Beltran, R., A. Vicent, J. Garcia-Jimenez, and J. Armengol. 2008. Comparative epidemiology of Monosporascus root rot and vine decline in muskmelon, watermelon, and grafted watermelon crops. Plant Dis. 92:158-163.

Bruton, B. D. and M. E. Miller. 1997. Occurrence of vine decline diseases of melons in Honduras. Plant Dis. 81:696–696.

Chilosi, G., R. Reda, M. P. Aleandri, I. Camele, L. Altieri, C. Montuschi, L. Languasco, V. Rossi, G. E. Agosteo, C. Macri, A. Carlucci, F. Lops, M. Mucci, M. L. Raimondo, and S. Frisullo. 2008. Fungi associated with root rot and collapse of melon in Italy. Bull. OEPP 38:147–154.

Cohen, R., S. Pivonia, Y. Burger, M. Edelstein, A. Gamliel, and J. Katan. 2000. Toward integrated management of melons in Israel. Plant Dis. 84: 496–505.

Council of Agriculture (COA). 2009. Agricultural Statistics Yearbook. COA, Executive Yuan. Taipei, Taiwan. 332 pp.

Dias R. de C. S., B. Pico, J. Herraiz, A. Espinos and F. Nuez. 2002. Modifying root structure of cultivated muskmelon to improve vine decline resistance. Hortscience 37:1092-1097.

Fita, A., B. Pico, C. Roig, and F. Nuez. 2007. Performance of *Cucumis melo* ssp. *agrestis* as a rootstock for melon. J. Hort. Sci. Biotechnol. 82:184–190.

Fita, A., B. Pico, R. C. S. Dias, and F. Nuez. 2009a. 'Piel de Sapo' breeding lines tolerant to melon vine decline. Hortscience 44:1458-1460.

Fita A, C. Esteras, B. Pico and F. Nuez. 2009b. *Cucumis melo* L. new breeding lines tolerant to melon vine decline. Hortscience 44:2022–2024.

Gamliel, A., A. Grinstein, V. Zilberg, M. Benihes, O. Ucko, L. Klein, E. Uriely, M. E. Stanghellini, and J. Katan. 2000. Combined soil fumigants and solarization to control soilborne diseases in vegetable crops. Phytoparasitica 28:185–186.

Garcia-Jimenez, J., J. Armengol, R. Sales, C. Jorda, and B. D. Bruton. 2000. Fungal pathogens associated with melon collapse in Spain. Bull. OEPP 30:169–173.

Gay, P., P. Piccarolo, D. Aimonino, and C. R. Tortia. 2010. A high efficiency steam soil disinfestation system, part I: Physical background and steam supply optimisation. Biosyst. Eng. 107:74–85.

Higashide, T. 2009. Prediction of tomato yield on the basis of solar radiation before anthesis under warm greenhouse conditions. Hortscience 44:1874–1878.

King, S. R., A. R. Davis, M. M. Waugh, and K. S. Mayberry. 2008. Grafting for disease resistance. Hortscience 43:1673–1676.

Lee, J. S., J. H. Park, K. S. Han, S. R. Cheong, S. T. Seo, and J. W. Lee. 2007. Control of root rot of melon by hot water soil sterilization in consecutively cultured fields. Hortscience 42:871–872.

Lin, Y. S., J. F. Su, and K. M. Lin. 2008. The host range of *Monosporascus cannonballus* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 17:25–34. (in Chinese with English abstract)

Liu, H. L. 2007. Control of soil-borne disease on chrysanthemum cuttings by steam disinfection. Bull. Taichung District Agric. Impro. Sta. 96:53–62. (in Chinese with English abstract)

Liu, T. S., Y. C. Huang, J. S. Twu, and J. H. Hsieh. 1998. Steam sterilization of soil for the control of Bulb mites. Plant Prot. Bull. 40:241–249. (in Chinese with English abstract)

Liu, Y. H., R. S. Zeng, M. An, A. U. Mallik, and S. M. Luo. 2008. Autotoxicity in agriculture and forestry. p. 283–301. *in*: Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry (Zeng, R. S., A. U. Mallik, and S. M. Luo, eds.) Springer. New York, USA.

Martyn, R. D. and M. E. Miller. 1996. *Monosporascus* root rot and vine decline-an emerging disease of melons worldwide. Plant Diseases of Tropical. 80:716–725.

Palti, J. and J. Katan. 1997. Effect of cultivation practices and cropping systems on soilborne diseases. p. 377–396. *in*: Soilborne Diseases of Tropical Crops. (Hillocks, R. J. and J. M. Waller, eds.) CABI. Wallingford, UK.

Pivonia, S., R. Cohen, R. Levita, and J. Katan. 2002. Improved solarization of containerized medium for the control of *Monosporascus collapse* in melon. Crop Prot. 21:907–912.

Spadaro, D. and M. L. Gullino. 2005. Improving the efficacy of biocontrol agents against soilborn pathogens. Crop Prot. 24:601–613.

Stanghellini, M. E., D. M. Ferrin, D. H. Kim, M. M. Waugh, K. C. Radewald, J. J. Sims, H. D. Ohr, K. S. Mayberry, T. Turini, and M. A. McCaslin. 2003. Application of preplant fumigants via drip irrigation systems for the management of root rot of melons caused by *Monosporascus cannonballus*. Plant Dis. 87:1176–1178.

Tai, C. Y. and Y. F. Tsai. 2008. Effects of different fertilizers on the growth and yield of melon (*Cucumis melo* L.) under substrate cultivation. Bull. Taichung District Agric. Improv. Sta. 99:61–72. (in Chinese with English abstract)

Triky-Dotan, S., M. Austerweil, B. Steiner, Y. Peretz-Alon, J. Katan, and A. Gamliel. 2009. Accelerated degradation of metam-dodium in soil and consequences for root-disease management. Phytopathology 99:362–368.

Tsay, J. G. and B. K. Tung. 1994. The occurrence of muskmelon root rot caused by *Monosporascus cannonballus* Pollack & Uecker in Taiwan. Plant pathol. Bull. 3:260. (in Chinese with English abstract)

Ucko, O., A. Maduel, A. Grinstein, and J. Katan. 1992. Combined methods of soil disinfestation for controlling melon collapse with reduced methyl bromide dosages. Phytoparasitica 20:229–230.

Uematsu, S., S. Onogi, and T. Watanabe. 1985. Pathogenicity of *Monosporascus cannonballus* in relation to melon root rot in Japan. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 51:272–276.

Wolff, D. W. and M. E. Miller. 1998. Tolerance to Monosporascus root rot and vine decline in melon (*Cucumis melo* L.) germplasm. Hortscience 33:287–290.

Wubs, A. M., E. Heuvelink, and L. F. M. Marcelis. 2009. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum L.*): a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84:467–475.

Yang, C. K., J. R. Tsay, S. T. Wang, Y. H. Wang, J. H. Huang, J. F. Su , P. J. Ann, and S. Y. Chien. 2010. The developement and test of self-propelled soil disinfector using steam. p. 19–23. *in* the Proceeding of the 2010 Symposium on Agricultral Machinery and Biomechatronic Engineer. Taiwan Institute of Biological Machetronics and Chinese Institute of Agricultural Machinery Pub. Pintung. (in Chinese)

Effects of Steam Treatment of Soil on Production of Oriental Melon (*Cucumis melo*) in a Commercial Greenhouse[1]

Yu-Hua Wang[2], Jiun-Feng Su[3], Chih-Kai Yang[4], Yu-Wen Lin[5], Chen-Yu Lin[6], and Meng-Li Wei[2,7]

Abstract

Wang, Y. H., J. F. Su, C. K. Yang, Y. W. Lin, C. Y. Lin, and M. L. Wei. 2011. Effects of steam treatment of soil on production of oriental melon (*Cucumis melo*) in a commercial greenhouse. J. Taiwan Agric. Res. 60:167–177.

Soil decline due to continuous monoculture has become a major factors limiting production of oriental melon (*Cucumis melo*) in the greenhouse in Taiwan. A study was conducted in a commercial greenhouse in Chaiyi, Taiwan, to determine effects of steam treatment of soil on the growth, yield and quality of 'Grill' oriental melon. The soil in the greenhouse was used for production of 'Grill' oriental melon for two crops per year for more than three years. A self-propelled soil disinfector was used for steaming the soil up to a depth of 15 cm for four hours. Results showed that the temperature in the steamed soil at the depth of 10 cm reached 60℃ for a period of 1.5 h., compared to the non-steaming treatment (control). Plants of oriental melon grew vigorously in the steam-treated soil with a significant increase in leaf size. Also, steaming of soil significantly ($P< 0.0001$) reduced incidence of wilting plants. The average weight, length, diameter and flesh thickness of fruits of oriental melon plants grown in steam-treated soil were higher than fruits from plants grown in untreated soil. The yield of oriental melon plants grown in steam-treated soil was increased by 38.1%, compared to the control. This study suggests that steam-treatment of soil is an effective method for resolving the problem of soil decline caused by continuous monoculture of oriental melon as a greenhouse crop.

Key words: Oriental melon, *Cucumis melo*, Soil steaming, Monoculture, Fruit yield.

---

1. Contribution No. 2544 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 23, 2011.
2. Assistant Researcher and Famer Assistant Researcher, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Plant Pathology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Associate Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Assistant Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Assistant Researcher, Department of Vegetable Crop, FengShan, Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
7. Corresponding author, e-mail: yhwang@tari.gov.tw; Fax: (04)23338162.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(3):178–184 (2011)

利用近紅外線光譜儀檢測甘藷台農 57 號烤藷品質之研究[1]

利幸貞[2] 廖大經[2]

摘　要

利幸貞、廖大經。2011。利用近紅外線光譜儀檢測甘藷台農 57 號烤藷品質之研究。台灣農業研究 60:178–184。

本試驗利用近紅外線光譜儀 (InfraAlyzer 450)，對甘藷台農 57 號烤藷之澱粉與可溶性糖含量之傳統分析值，以不同波長吸光值 (λ) 之換算值 log (1/λ) 進行逐步回歸模式估算成分含量，檢量線選用 3 至 7 個波長數組合。甜味值是烤藷品質重要指標，結果顯示鮮藷重量小於 100 g 及大於 300 g 之烤藷，利用近紅外線光譜儀檢測僅澱粉含量之檢量線具較佳的相關係數值，但在可溶性糖含量檢測上有困難。塊根鮮重 100–200 g 之烤藷於澱粉、可溶性糖含量之檢量線有較佳的相關係數值，鮮重 201–300 g 之烤藷於可溶性糖含量之檢量線有較佳的相關係數值，因此，塊根重量會影響近紅外線光譜儀對台農 57 號烤藷甜味品質檢測的應用性。樣品前處理的均質度亦影響照射光的擴散與反射；藷泥因其殘存的澱粉糊化顆粒影響，樣品前處理之均勻程度較差，對吸光情況影響大。近紅外線分析技術雖然快速、省工、操作簡易，但其對精確度與準確性要求嚴格，藉由選擇檢測光譜之波長範圍、改善樣品前處理之均質度與塊根重量分級，應可提高近紅外線光譜分析台農 57 號烤藷甜味品質檢測之應用。

關鍵詞：甘藷台農 57 號、烤藷、近紅外線光譜儀、甜味值。

前　言

由於食品加工製造趨向自動化與大規模化，於短時間內要求大量生產；另一方面商品又以多樣化、差別化為目標，導致食品加工之生產及品質管理愈加複雜。尤其是食品工業以品質變動較大之天然物質、農產品為原料，其原料之品質管理、製造過程乃至最後成品更需詳加檢查監視。以光計測法為基礎在農產物、食品檢測所開發的技術，其中可視光被應用於外形、色彩的判斷，而紅外線則廣泛應用於內部成分的計測 (Kameoka *et al.* 2003)。物質在紅外線區域內，已知由於其結構的不同而具有吸收特殊波長之特性，不必再使用傳統人工分析方法，利用紅外線光譜法做定性及定量分析已甚普遍。由於近紅外線能直接測定而不需先稀釋樣品，且光譜分析儀器性能改良，連線電腦功能之提昇及相關軟體之開發，可以利用統計方式處理大量光譜資料，分析樣品經掃瞄後所得光譜能同時測定不同化學成分，且掃描後之

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2543 號。接受日期：100 年 8 月 23 日。

2. 本所嘉義農業試驗分所農藝系助理研究員。台灣 嘉義市。
3. 通訊作者，電子郵件：hsinchen@tari.gov.tw；傳真機: (05)2773630。

樣品沒有受到破壞而能繼續進行化學成分分析，使得檢量線建立方法更加簡化，準確性及應用範圍亦擴大 (Wu *et al.* 1995, 2001)。在農產品應用方面諸如穀類 (稻米、小麥)、大豆、茶葉、牧草與蔬果 (桃、柑橘、蘋果、番茄、洋蔥) 等均可應用此技術測定其成份 (Delwiche *et al.* 1995; Kasahara 1996; Kameoka *et al.* 2003; Villareal *et al.* 1994)。甘藷加工產品以烤藷被認為較具有開發價值 (Li *et al.* 1994)，本試驗以甘藷台農 57 號品種為材料，分析不同大小塊根經烘烤後之烤藷，其水分、澱粉、可溶性糖 (麥芽糖、蔗糖、果糖、葡萄糖)、直鏈澱粉等重要品質成份在近紅外線光譜儀 (InfraAlyzer 450) 19 個固定波長之吸光值，運用統計方法對傳統化學成分含量進行迴歸分析，以評估其對烤藷風味品質快速估測之可行性，未來可配合烤藷產品品質管制，提高品管效能。

材料與方法

生藷塊根重量分級及烤藷製備

以 95 年 2 月採收之 94 年秋作種植之甘藷台農 57 號為材料，挑選藷型呈紡錘型之塊根，依塊根鮮重區分為小於 100 g、100–200 g、201–300 g 及大於 300 g 之 4 個等級，取樣數分別是 42、60、60 及 48 個塊根共 210 個供作分析測定。將甘藷塊根以清水洗淨表皮，置入烤箱內，待烘烤完成後取出置於室溫下冷卻。取各烤藷中段 3 cm 部位 (距中心點前後各 1.5 cm 範圍)，去皮並以均質機攪拌均勻成藷泥後，以近紅外線光譜儀測定，將此完成光譜測值之藷泥進行可溶性糖 (麥芽糖、蔗糖、果糖、葡萄糖) 及澱粉含量分析。

近紅外線光譜儀設備

近紅外線光譜儀 (InfraAlyzer 450, Bran + Luebbe Company) 係利用 19 個特定波長 (specific wavelengths) 的濾光片組 (spectrophotometer grating) 及積分球面 (integrating sphere) 以內置有 2 片硫化鉛 (lead sulphide) 感應器 (detector) ，測定穿透過試驗樣品後的擴散及反射光 (diffuse-reflectance light)。本儀器組有簡易操作觸控面板 (touch-sensitive panel)，並可與個人電腦連線，利用專用軟體 IDAS (InfraAlyzer Data Analysis Software) 分析試驗數據。19 個特定波長 (W1−W19) 如表 1 所示。

烤藷化學成分分析

麥芽糖、蔗糖、果糖與葡萄糖含量之測定：取藷泥 1 g 置於 20 mL 玻璃試管中，加入 4 mL 80%乙醇，於 80℃、100 rpm 的水浴鍋中震盪 15 分鐘，重複萃取 3 次，所得液體經過濾後，以 1600 g 離心 15 分鐘，上清液置入濃縮試管中進行減壓濃縮，濃縮液以去離子水定積至 2 mL，使用 LiChrolut RP-18 (40–63 μm) column 抽氣過濾，濾液以 HPLC 測定 (Picha 1985)。HPLC 分析系統包括 Shimadzu LC-9A pump、RID-9A detector 與 CTO-10AS oven。以 TSKgel Amide-80 column (4.6 mm ID × 25 cm) 檢測，溫度設定 40℃，移動相為 80% 氰甲烷 (CH_3CN)：20% H_2O，流速為 1.2 mL/min。

表 1. 近紅外線光譜儀 (NIRS, InfraAlyzer 450) 19 個波長設定

Table 1. The 19 wavelengths of Near Infrared reflectance spectrometer (InfraAlyzer 450)

Wave bund (N.)	Wavelength (nm)	Wave bund (N.)	Wavelength (nm)
W1	1445	W11	2139
W2	1680	W12	2180
W3	1722	W13	2190
W4	1734	W14	2208
W5	1759	W15	2230
W6	1778	W16	2270
W7	1818	W17	2310
W8	1940	W18	2336
W9	1982	W19	2348
W10	2100		

澱粉含量之測定：上述經過乙醇萃取後的殘渣於烘箱以 70℃烘乾，乾燥樣品加入 5 mL 去離子水，於 100℃、100 rpm 的震盪水浴鍋中加熱 30 分鐘，待冷卻後加入 2 mL 之 9.2 N 過氯酸 ($HClO_4$)，放置 15 分鐘，期間不時攪拌，定積至 10 mL，以 2500 *g* 離心 10 分鐘，取上清液 0.1 mL 加入 1.9 mL 去離子水、0.1 mL 石炭酸 (phenol) 及 6 mL 濃硫酸，振盪均勻後靜置 30 分鐘，以微電腦分光光度計 (Thermo-Spectronic, GENESYS^{TM}10 uv, USA) 於波長 490 nm 測定吸光值。

烤藷甜味值計算

依據 Biester *et al.* (1925)，以蔗糖甜味值為 1，麥芽糖：葡萄糖：果糖依相對甜味值分別是 0.33、0.74、1.73，換算成烤藷的甜味值。

統計分析

本試驗數據係利用 SAS (8.0 版) 統計分析軟體分析，各性狀間關係透過其 Proc CORR 程序進行相關分析 (correlation analysis)，不同波長對澱粉及可溶性糖含量之檢測效果則透過 Proc REG 程序進行逐步回歸分析 (stepwise regression analysis)，以找出最佳回歸模式。

結　果

台農 57 號生藷塊根重對烤藷品質的影響

將甘藷台農 57 號品種生藷重量區分為 4 組：小於 100 g 之塊根，取樣重量介於 51.0–99.5 g，經烘烤後烤藷重介於 38.5–77.0 g；生藷重量 100–200 g 之塊根，取樣重量介於 103–199 g，經烘烤後烤藷重介於 65.5–147.0 g；生藷重量 201–300 g 之塊根，取樣重量介於 201.5–299 g，經烘烤後烤藷重介於 125.5–243.0 g；生藷重量 300 g 以上塊根，取樣重量介於 306.5–727.5 g，經烘烤後烤藷重介於 221.0–614.0 g。分析每 g 藷泥所含之澱粉、可溶性糖含量包括麥芽糖、蔗糖、葡萄糖、果糖及換算所得之甜味值，結果如表 2。此外，台農 57 號烤藷的甜味值與所含麥芽糖、蔗糖、果糖與葡萄糖含量之間呈極顯著正相關，相關係數值分別為 0.87、0.81、0.60 及 0.52。而生藷塊根重量雖與烤藷之麥芽糖、蔗糖、果糖與葡萄糖含量在統計上雖有極顯著負相關，但其相關係數值過低，降低其參考性 (表 3)。

利用近紅外線光譜儀 (InfraAlyzer 450) 檢測不同重量烤藷之澱粉及可溶性糖含量

烤藷的澱粉及可溶性糖 (麥芽糖、蔗糖、果糖、葡萄糖) 之傳統化學分析值，利用近紅外線光譜儀 19 個波長吸光值之換算值 [log (1/λ)] 進行逐步回歸分析結果如下：生藷重小於 100 g 之烤藷對澱粉含量估式共選用 7 個波長 (1680 nm、1722 nm、1759 nm、1778 nm、1818 nm、1940 nm、1982 nm)，其逐步回歸模式估算澱粉含量之決定係數 (R^2) 值為 0.809，且其 P-value 小於 0.001，而可溶性糖與近紅外線光譜儀測值並無線性關係。生藷重 100–200 g 之烤藷對可溶性糖含量估式共選用 3 個波長 (1445 nm、1734 nm、1818 nm)，其逐步回歸模式估算可溶性糖含量之決定係數 (R^2) 值為 0.725，且其 P-value 小於 0.001；澱粉含量估式共選用 4 個波長 (1445 nm、1680 nm、1734 nm、1818 nm)，其逐步回歸模式估算澱粉含量之決定係數 (R^2) 值為 0.787，且其 P-value 小於 0.001。生藷重 201–300 g 之烤藷對可溶性糖含量估式共選用 4 個波長 (1445 nm、1680 nm、1722 nm、1778 nm)，其逐步回歸模式估算可溶性糖含量之決定係數 (R^2) 值為 0.636，且其 P-value 小於 0.001；而澱粉含量與近紅外線光譜儀測值並無線性關係。生藷重大於 300 g 之烤藷對澱粉含量估式共選用 5 個波長 (1445 nm、2100 nm、2139 nm、2208 nm、2270 nm)，其逐步回歸模式估算澱粉含量之決定係數 (R^2) 值為 0.519，且其 P-value 小於 0.001；而可溶性糖含量與近紅外線光譜儀測值並無線性關係 (表 4)。

表 2. 不同塊根重量之烤藷澱粉與可溶性糖含量及甜味值

Table 2. Effect of fresh weight of root tubers of sweet potato variety TNG 57 on contents of starch and soluble sugar and sweetness after baking

Fresh weight of root tubers (g)	Weight of baked root tubers (g)	Chemical components of baked root tubers (wd, %)					Sweetness
		Starch	Maltose	Sucrose	Glucose	Fructose	
＜100 (51.0–99.5)	38.5– 77.0	21.08–36.87	2.49–7.07	0.95–21.19	2.18–3.78	11.66–24.3	6.45–24.83
100–200 (103–199)	65.5– 147.0	17.27–37.44	2.33–7.34	1.03–2.46	2.11–4.07	13.89–25.47	9.28–26.93
201–300 (202.5–299)	125.5– 243.0	20.05–35.51	3.09–7.05	0.84–2.39	2.62–4.14	5.82–26.16	6.31–24.29
＞300 (306.5–727.5)	221.0– 614	8.77–29.95	2.51–6.11	0.66–1.5	2.13–2.92	11.66–21.86	7.79–18.69

表 3. 甘藷台農 57 號之生藷塊根重、化學成分及烤藷甜味值間之相關分析

Table 3. Correlation analysis between fresh weight of root tubers, chemical components and sweetness in baked sweet potato variety TNG 57

	Water content	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Sweetness
Fresh weight of root tubers	0.33 **	-0.29**	-0.38**	-0.12	-0.27**	-0.31**
Water content		0.03	- 0.14	-0.05	-0.21*	-0.14
Fructose			0.55**	0.28**	0.29**	0.60**
Glucose				0.26**	0.30**	0.52**
Sucrose					0.58**	0.81**
Maltose						0.87**
Sweetness						

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively; total number of baked root tuber is 210.

表 4. 不同重量塊根之烤藷化學成分檢量線方程式

Table 4. The equation of calibration by stepwise regression analysis for chemical components in baked root tubers of sweet potato variety TNG 57 with different fresh weight

Fresh weight of root tubers (g)	Chemical components of baked root tubers (wd, %)	Calibration equation (wavelength, W) [y]	Determination coefficient (R^2)	P-value
<100 (n = 42) [z]	Starch	108.7 − 3464W2 + 5811W3 − 2474W5 + 1580W6 − 1516W7 − 2020W8 + 2025W9	0.809	<0.0001
100−200 (n = 60)	Starch	22.12 − 34.42W1 − 1365W2 + 2640W4 − 1257W7	0.787	<0.0001
	Soluble sugar	143.19 − 26.24W1 + 595W4 − 639W7	0.725	<0.0001
201−300 (n = 60)	Soluble sugar	139.15 + 273W1 − 778W2 + 2216W3 − 1773W6	0.636	<0.0001
>300 (n = 48)	Starch	-47.77 + 90.6W1 − 1708W10 + 3625W11 − 851W14 − 1093W16	0.519	<0.0001

[z] n : The number of sweet potato TNG 57 baked root tubers.
[y] W1−W19 see Table 1.

討　論

甘藷不但是重要的糧食資源，亦是具保健營養的食品，烤藷是經濟價值高且廣受消費者青睞的甘藷加工產品，其中甜味 (sweet taste) 是烤藷最重要的品質指標，而此甜度主要來自麥芽糖 (Picha 1986)。雖然目前以生藷烘乾研磨成粉狀後利用近紅外線分析技術已可快速檢

測蛋白質、可溶性糖與灰分 (Wu *et al.* 1995)，但對烘烤後之烤藷品質而言，其生藷狀態下所含的澱粉及可溶性糖的含量無法判斷其烘烤加工調理後之甜度與質地的改變，主要原因是烤藷甜味為澱粉轉化為麥芽糖的結果，此是受加熱過程中塊根內澱粉糖化酵素 (β-amylase) 作用的影響。在 Picha (1985) 的研究指出，甘藷烘烤後烤藷與生藷中蔗糖含量無明顯改變，但在生藷中沒有發現麥芽糖，烘烤後才大量產生麥芽糖。本試驗結果，不論是麥芽糖、蔗糖、果糖及葡萄糖均對台農 57 號烤藷甜味值呈極顯著正相關，且相關係數值均在 0.5 以上，即此 4 種糖類均對烤藷甜味值有重要的貢獻，尤其是麥芽糖與蔗糖。

近紅外線區域內 (波長約 0.8–2.5 μm) 發生之吸光現象主要為含有氫原子之結合基 (包括 O-H、N-H、C-H) 造成的吸收，當多數結合基存在時，其基準振動包括倍振動 (overtone) 與結合振動 (combination) 之吸收會相互重疊，形成複雜之光譜，只要掌握住氫原子結合基即可獲知大部份有機化合物的情況，因此當氫原子結合強度稍有變化，即會導致較大的物性變化，並可從光譜的變化情形觀察出來。與紅外線區域相比，近紅外線區域吸收較弱，此特性使分析試料不須經稀釋即可進行測定，並可利用試料在多個固定波長之吸光值，運用統計方法對傳統化學分析成分值進行回歸分析，進而組成複回歸方程式 (Wu *et al.* 1995; Delwiche *et al.* 1995; Kasahara 1996)，通常一個成份最少由 2 至 3 個最適當波長數組合成複回歸方程式。被檢測樣品水分含量直接影響準確度，主要原因是此項技術最早被開發應用於乾燥後的穀物成份含量檢測；根據近紅外線吸收光譜的化學歸屬，依其測定對象的特性與測定目的，其波長域主要區分為 3 類，為波長域 I (1.8–2.5 μm)，以 C-H、N-H、O-H 及 C = O 的結合區屬之；此波長域於 1.93 μm 水分的吸收能量極強，若樣品本身水分含量在 20%以上，其吸收光譜呈飽和而影響其他待測成份之測定，因此利用此波長域的樣品以水分含量 20%以下為宜；波長域 II (1.1–1.8 μm) 主要為 1.6–1.8 μm、1.1–1.4 μm 區域之 C-H 及 1.4–1.6 μm 的 N–H 屬之，水分在 1.45 μm 的吸收能量強，吸光係數約波長域 I 中 1.93 μm 的 1/3，適用於水分含量是 50–60%之樣品；波長域 III (0.8–1.1 μm) 主要範圍在 0.8–0.9 μm 之 C–H 與 1.0–1.1 μm 的 N-H，整個波長域吸收弱，適合水分含量 80%以上的食品樣品的光譜測定 (Kameoka *et al.* 2003)。本試驗之台農 57 號烤藷其水分含量介於 32.11–56.07%，而 InfraAlyzer 450 所利用的 19 個特定波長主要範圍為 1.45–2.35 μm，其對烤藷水分檢測較接近波長域 II。當物體受到對水分子吸收之特定波長照射時，因其含水率不同，物體之光能量因通過內部被吸收能力也為之不同；換言之，此吸收率受水分含量而改變。本試驗中甘藷台農 57 號品種，鮮藷重量小於 100 g 與大於 300 g 之烤藷，其可溶性糖含量與近紅外線光譜儀吸光值利用逐步回歸方程式估算其檢量線並無線性關係，但鮮藷重量介於 100–200 g 及 201–300 g 的烤藷可溶性糖含量與近紅外線光譜儀吸光值回歸方程式顯著存在，且決定係數值各為 0.725、0.636，此顯示塊根重量影響甜度檢測的應用。而樣品前處理的均質度亦影響照射光之的擴散與反射，藷泥因其殘存的澱粉糊化顆粒影響，樣品前處理均勻程度較差，對吸光情況影響甚巨。雖然以傳統化學分析法可精確的定量烤藷甜味成份，但曠日廢時；而利用近紅外線分析技術雖快速、省工、操作簡易，但其精確度與準確性必須以傳統化學分析為基礎，且對於樣品前處理的一致性要求嚴格；因此樣品均質度的提高與方法的確立更顯重要。

目前甘藷食用品質方面尚無客觀化的指標可供鑑定，而人為官能品評方法易受主觀喜惡

影響且耗力費時，如能利用現代化、簡易之理化儀器和方法，探討甘藷食用品質特性與塊根重要理化性質間的關係，使能以較省時、省力和客觀化之理化性質作為甘藷食用品質特性評定方法之依據，可以獲得評定和選拔之實際效果。近紅外線光譜檢測具有不需要大量試藥、溶劑，安全性高、前處理技術簡單，量測過程迅速，同一樣本可以重複量測，可以同時量測同一樣本內不同成分，適用固態、粉粒態、半固態、液態等各種樣本，若能開發應用於甘藷加工品質之檢測，將有利於快速準確的生產線品管，且可以將試驗材料以光譜型態做資料貯存，不受樣品新鮮度與保存期限的限制，而達到樣品保存的目的。

引用文獻 (Literature cited)

Biester, A., M. W. Wood, and C. S. Wahlin. 1925. Carbohydrate studies I. The relative sweetness of pure sugars. Am. J. Physiol. 73:387–396.

Delwiche, S. R., M. M. Bean, R. E. Miller, B. D. Webb, and P. C. Williams. 1995. Apparent amylase Content of milled rice by near infrared reflectance spectrophotometry. Cereal Chem. 72:182–187.

Kasahara, M. 1996. Special features and using methods of taste meter of rice. J. Agric. Sci. 51:19–22.

Kameoka, T. and A. Hashimoto. 2003. Infrared spectroscopic analysis for agricultural materials and its application. Agric. Inform. Res. 12:167–188.

Li, L. and C. H. Liao. 1994. The achievement and prospect of sweet potato breeding in Taiwan. p.11–28. *in* the Proceeding of Symposium on Root Crop Yield Improvement, Processing and Utilization in Taiwan. TARI Special Pub. No: 45. (in Chinese)

Picha, D. H.1985. HPLC determination of sugars on raw and baked sweet potatoes. J. Food Sci. 50:1189–1190.

Picha, D. H. 1986. Sugar content of baked sweet potatoes from different cultivars and lengths of storage. J. Food Sci. 51:845–846.

Villareal, C., N. Dela, and B. O. Juliano. 1994. Rice amylase analysis by near infrared transmittance spectroscopy. Cereal Chem. 71:292–296.

Wu, Y. P., Y. C. Lai, H. C. Lee, and Y. S. Chen. 1995. Compositional analysis of sweet potato tuber by near infrared reflectance spectroscopy. J. Agric. Res. China 44:9–14. (in Chinese with English abstract)

Wu, Y. P. and Y. C. Huang. 2001. Studies on the Factors Affecting the Palatability and on the Quality Assessment of Rice Grain by Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy. Doctor Dissertation, Department of Agronomy, National Taiwan University. Taipei. 168pp. (in Chinese with English abstract)

Measuring Baking Quality of Root Tubers of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Variety TNG 57 by Near Infrared Reflectance Spectrometer[1]

Hsin-Chen Li[2] and Dah-Jing Liao[2]

Abstract

Li, H. C. and D. J. Liao. 2011. Measuring baking quality of root tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas*) variety TNG 57 by near infrared reflectance spectrometer. J. Taiwan Agric. Res. 60:178–184.

Sweetness is considered an important indicator of baking quality of sweet potato (*Ipomoea batatas*). The objective of this study was to determine sweetness of baked root tubers of sweet potato, variety TNG 57, using Near Infrared Reflectance Spectrometer (NIRS; InfraAlyzer 450). The sweetness of baked root tubers was estimated by stepwise regression analyses using the data of starch and soluble sugar contents obtained from conventional analysis and the conversion values log (1/λ) of the absorbance at different wavelengths (3–7 sets) obtained from NIRS. Results showed that the fresh weight of root tubers between 100–300 g had a better correlation coefficient with their calibration curve for soluble sugar contents, whereas the fresh weight of tubers below 100 g or above 300 g had a better correlation coefficient only for the content of starch. Starch particles remaining in the baked root tubers affected the diffusion and reflection of NIRS. The NIRS is easy to operate, low labor input and low cost, but it demands high precision and high accuracy in the tests of baked root tubers of sweet potato. Therefore, choosing correct wavelengths and baked root tubers size for testing are important in the application of NIRS for testing quality of baked root tubers of sweet potato variety TNG 57.

Key words: Sweet potato, *Ipomoea batatas,* Baked root tubers, Near Infrared Reflectance Spectrometer (NIRS), Sweetness.

---

1. Contribution No. 2543 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 23, 2011.
2. Assistant Agronomists, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author e-mail: hsinchen@dns.caes.gov.tw; Fax: (05)2773630.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(3):185–196 (2011)

藥劑對蔬菜斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 之岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 之影響[1]

錢景秦[2,3] 張淑貞[2]

摘　要

錢景秦、張淑貞。2011。藥劑對蔬菜斑潛蠅 (雙翅目：潛蠅科) 之岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂 (膜翅目：釉小蜂科) 之影響。台灣農業研究 60:185–196。

岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 與底比斯釉小蜂 [*Chrysoncharis penthesu* (Walker)] 在台灣是蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 之重要本地種寄生蜂。本文以藥劑浸漬帶有寄生蜂與僅帶有斑潛蠅豆葉之方法，於室內測試歐殺滅 (oxamyl SL)、阿巴汀 (abamectin EC) 及賽滅淨 (cyromazine SL, WP) 等藥劑，對二種寄生蜂未成熟期與成蟲期之影響。結果得知上述三種藥劑雖對二種寄生蜂之未成熟期 (卵、幼蟲及蛹期) 均無顯著毒害，但對其成蟲期則均具顯著毒害。成蜂各接觸三種藥劑 24 小時，其間雌與雄蜂之存活率，僅阿巴汀降低岡崎釉小蜂各 62.9 與 7.1%，歐殺滅降低底比斯釉小蜂各 36.0 與 7.0%，其餘藥劑對寄生蜂無影響、或僅降低 4.0–8.2%；生殖力方面，三種藥劑中以阿巴汀與賽滅淨對二種寄生蜂之抑制力較大，達 75.0–87.7%，歐殺滅次之達 50.6–58.3%。成蜂各接觸三種藥劑 24 小時後，繼之供以未經藥劑處理之寄主斑潛蠅，觀察對二種寄生蜂之雌蜂壽命、雄蜂壽命、子代成蜂數及致死寄主數等，均以阿巴汀毒效最大，各減少 79.0–94.6%、61.7–67.5%、100 及 99.8–100%。其他藥劑則依蜂種而定，在岡崎釉小蜂測試中，僅賽滅淨二劑型減少該蜂 23.8%子代成蜂數，歐殺滅降低該蜂 30.2%子代雌性比；底比斯釉小蜂測試中，歐殺滅與賽滅淨二劑型均減少該蜂 42.4–52.5%子代成蜂數與 21.9–34.5%致死寄主數。三種藥劑分別與岡崎釉小蜂或底比斯釉小蜂并用對斑潛蠅之致死率，比單獨使用岡崎釉小蜂或底比斯釉小蜂各增加 0.6 與 1.5 倍。阿巴汀與二種寄生蜂皆不相容，歐殺滅與底比斯釉小蜂不相容，僅賽滅淨與二種寄生蜂較為相容。慎選賽滅淨防治蔬菜斑潛蠅，岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂即可獲得較佳的保育。

關鍵詞：蔬菜斑潛蠅、岡崎釉小蜂、底比斯釉小蜂、藥劑、蟲期。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2549 號。接受日期：100 年 8 月 26 日。
2. 本所應用動物組前研究員及助理研究員。台灣　台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：chien@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

前 言

蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) 在美國之番茄、芹菜、或阿根廷之紫苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 及中國之蔬菜與花卉生產上均曾造成嚴重經濟損失 (Anonymous 2002; Pang *et al*. 2005)，亦為荷蘭與英國 A1 級之重要檢疫害蟲 (Anonymous 1984)。由於斑潛蠅對化學藥劑容易產生抗藥性 (Parrella *et al*. 1984; Hara 1986; Brodbent & Pree 1989)，且廣效性藥劑對其寄生蜂之毒害 (Spencer 1973)，以及防治斑潛蠅藥劑之有效期 (effective life) 不及 2 年 (Leibee 1981) 等因素，致使斑潛蠅防治不易。針對此點，多位學者建議降低施藥頻率與劑量 (Mason *et al*. 1989) 及採取藥劑輪用 (Trumble 1985a)，以減緩斑潛蠅抗藥性之發展外，在保育本地種寄生蜂方面，除篩選對寄生蜂低毒之選擇性藥劑外 (Bai *et al*. 2009; Huang *et al*. 1999; Saito *et al*. 1996; Zeng *et al*. 2004)，Poe *et al*. (1978)、Waddill (1978)、Trumble & Toscano (1983) 及 Trumble (1985b) 等亦建議當使用一種藥劑防治斑潛蠅前，應先測試該藥劑對其寄生蜂種類之影響，並據此作為使用該藥劑之參考。在台灣，防治蔬菜斑潛蠅之有效藥劑，如歐殺滅 (oxamyl SL)、阿巴汀 (abamectin EC) 及賽滅淨 (cyromazine SL, WP) (Chien & Chang 2010) 外，該蠅之本地種寄生蜂種類多達 7 種 (Chien & Chang unpublished data)，其中岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 與底比斯釉小蜂 [(*Chrysoncharis pentheus* (Walker)] 不但為優勢蜂種 (Chien & Chang unpublished data)，且為有效寄生蜂 (Chien & Chang 2008a, b, 2009a, b)。因而在蔬菜斑潛蠅防治中，有關藥劑對蔬菜斑潛蠅寄生蜂之影響，即成為一重要研究項目。本研究以防治蔬菜斑潛蠅有效之藥劑-歐殺滅、阿巴汀及賽滅淨 (Chien & Chang 2010) 為供試藥劑，於室內偵測此三種藥劑對蔬菜斑潛蠅二種重要寄生蜂-岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂之影響，期能將結果提供蔬菜斑潛蠅綜合防治之參考。

材料與方法

寄主植物之栽培

參照 Chien & Ku (1996) 於溫室內栽培菜豆苗 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 之方法，經 10–13 日，待菜豆苗發育至株高 15–20 cm，子葉 (cotyledons) 葉寬達 7–9 cm 時，即可供室內蔬菜斑潛蠅產卵用。

寄主斑潛蠅與寄生蜂之採集

在雲林縣林內鄉菜豆 (*P. vulgaris* L.) 上採集被蔬菜斑潛蠅幼蟲危害之葉片，攜回室內並將被害葉放入塑膠盤內，待幼蟲化蛹，然後將蛹與被害葉置入內徑 21 cm 之塑膠圓盤內，罩以一端有紗網覆蓋之壓克力筒 (直徑 20 cm、高 25 cm)。待成蠅與其二種寄生蜂-岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂羽化，供做飼育之蟲源。

寄主斑潛蠅與寄生蜂之繁殖

參照 Chien & Ku (1996, 2001) 飼育非洲菊斑潛蠅與其寄生蜂之方法，在室內 25℃ 定溫下，以株高 15–20 cm、子葉寬 7–9 cm 之菜豆苗供蔬菜斑潛蠅產卵，待幼蟲發育至第三齡時，再以帶有該幼蟲潛食之罐插菜豆苗，供岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂產卵及幼蟲與蛹之發育。

供試藥劑

供試藥劑與濃度係採用 Chien & Chang (2010) 報導有效防治蔬菜斑潛蠅之歐殺滅溶液、阿巴汀乳劑、賽滅淨溶液及賽滅淨可濕性粉劑。各藥劑之濃度、化學類別及出品公司詳見表 1。

帶蟲豆苗之預備

帶有寄主斑潛蠅豆苗之預備：參照 Chien & Chang (2007) 之方法，在 25℃定溫下，將 120 隻

表 1. 供試藥劑種類、濃度、化學類別及出品公司
Table 1. Chemical insecticides used in this study

Common name and formulation	Dilution factor	Chemical group	Activity	Manufacturer
Oxamyl 10% SL	250	carbamate	Insecticide, acaricide, nematicide	Syngenta Taiwan Ltd., Taichung, Taiwan
Abamectin 2% EC	1000	avermectin	Insecticide, acaricide, nematicide	Syngenta Taiwan Ltd., Taichung, Taiwan
Cyromazine 8.9% SL	1000	triazine	Insecticide (insect growth regulator), acaricide	Syngenta Taiwan Ltd., Taichung, Taiwan
Cyromazine 75% WP	4000	triazine	Insecticide (insect growth regulator), acaricide	Syngenta Taiwan Ltd., Taichung, Taiwan

蔬菜斑潛蠅雌蟲接入內置有 30 株菜豆苗之繁殖網箱 (長 75 cm、寬 55 cm、高 50 cm)，經產卵 7 小時 (上午 9 點至下午 4 點) 後，將子葉內帶有蠅卵之菜豆苗移出，並放置於溫度 25℃、相對濕度 65–85%及光週期 14 L：10 D (上午 5 點至下午 7 點間照光) 下之室內繼續飼養，待斑潛蠅發育至第三齡幼蟲時 (產卵後第六日)，一方面供應後述寄生蜂之產卵，另方面則供應帶有斑潛蠅豆苗浸藥與不浸藥時之材料。所有供試之帶有斑潛蠅豆苗祇留有 2 片子葉，本葉 (plumule leaf) 均摘除。

帶有寄生蜂豆苗之預備：參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，在與上項相同溫度、濕度、光週期及產卵時間下，先將 4 至 5 株帶有共約 300 隻斑潛蠅之豆苗合插於一個罐蓋上有圓孔 (直徑 1.5 cm) 之盛水塑膠罐內 (直徑 4 cm、高 5 cm)，置入內徑 21 cm 之塑膠圓盤，並罩以上述相同大小之壓克力筒，各接入 30 隻已交尾且有產卵經驗之岡崎釉小蜂或底比斯釉小蜂雌蜂，4 小時後，供試斑潛蠅幾全部被寄生或取食 (Chien & Chang 2008a; Chien & Chang 2009a)，此時將子葉內斑潛蠅體內帶有蜂卵之菜豆苗移出，置於相同環境下繼續飼養，以供後述藥效試驗，包括帶有蜂卵 (產卵後第二日)、或帶有寄生蜂第四齡老熟幼蟲 (產卵後第五日)、或帶有蜂蛹 (化蛹當日) 之豆苗。所有供試之帶有寄生蜂豆苗祇留有 2 片子葉，本葉均摘除。至於各供試寄生蜂卵、幼蟲及蛹之數量，可藉二種寄生蜂單員寄生之特性、取食致死寄主與產卵寄生寄主外形之差異、及第四齡老熟幼蟲會鑽出寄主體外在豆葉內化蛹之習性 (Chien & Chang 2008a, 2009a)，由每片豆葉上被寄生之斑潛蠅數先估算寄生蜂之卵數，待寄生蜂老熟幼蟲鑽出寄主後，再經解剖葉片內所有已死但外形仍飽滿之斑潛蠅，檢視其體內未孵化之蜂卵數與死亡寄生蜂幼蟲數，確認實際供試蜂卵數。供試寄生蜂第四齡老熟幼蟲與蛹數，則藉幻燈片檢視器 (Hakuba, lightbox Pro II) 以透光法計數之。

帶蟲豆苗浸漬藥劑之處理

帶有寄生蜂豆苗之浸藥：參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，將上述子葉內各有 20–30 粒寄生蜂卵、或子葉內各有 20–30 隻寄生蜂第四齡老熟幼蟲，或子葉內各有 20–40 個寄生蜂蛹之單株菜豆苗，齊根剪下，分別倒插浸漬在盛有稀釋藥液之 1000 mL 玻璃燒杯內 1 分鐘，之後再將其分別插入試管架上已有水之試管內 (直徑 1.5 cm、高 7 cm)，自然風乾 30 分鐘後，距豆苗剪口 5 cm 處以海綿片束紮，並直插入上述相同大小之盛水塑膠罐底部。然後每罐插豆苗再分別置入前述之塑膠圓盤，並罩以壓克力筒，供各項試驗用。

帶有寄主斑潛蠅豆苗之浸藥：在 25℃下，將子葉內各帶有 30–40 隻第三齡蔬菜斑潛蠅幼蟲之單株菜豆苗，齊根剪下照上述浸漬法浸藥後供試。

對照組之浸水處理：其方法與過程與浸藥處理相同，僅豆苗浸漬藥劑時，對照組係以水替代之。

寄生蜂卵期施藥對其未成熟期之影響

參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，25℃定溫下，距帶蟲 (寄生蜂卵) 豆苗浸藥處理後第五天，剪下葉片，置入直徑 9 cm、高 1.5 cm 之塑膠培養皿內，記錄各處理組寄生蜂卵期之死亡數、其後幼蟲、蛹期及卵至蛹期之存活率，及卵至蛹期之發育日數。另設僅浸水處理之對照組。每處理各做 4–5 重複。蜂卵存活百分率公式為 [幼蟲數 ÷(幼蟲數 + 未孵化卵數) × 100%]。

寄生蜂第四齡老熟幼蟲期施藥對其幼蟲與蛹之影響

參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，25℃定溫下，距帶蟲 (寄生蜂第四齡老熟幼蟲) 豆苗浸藥處理後之第二天，剪下葉片，置入前述相同大小之塑膠培養皿內，記錄各處理組寄生蜂幼蟲期之死亡數及蛹期之發育情形。另設僅浸水處理之對照組。每處理各做 4–5 重複。

寄生蜂蛹期施藥對其蛹之影響

參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，25℃定溫下，距帶蟲 (寄生蜂蛹) 豆苗浸藥處理後第二天，剪下葉片，置入前述相同大小之塑膠培養皿內，記錄各處理組寄生蜂蛹之發育情形。另設僅浸水處理之對照組。每處理各做 4 重複。

藥劑對成蜂之影響

帶有寄主斑潛蠅豆苗浸藥後接蜂 24 小時之處理：參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，在 25℃定溫下、上午 9 點將二日齡已交尾成蜂 10 對，釋入直徑 20 cm、高 25 cm 壓克力筒內，同時將浸藥後 30 分鐘之帶蟲 (200 隻第三齡斑潛蠅幼蟲) 豆苗，供其產卵與取食，另以細毛筆將純蜂蜜塗於壓克力筒內壁，供成蜂食用。24 小時後，移出成蜂，記錄雌、雄蜂之存活數，豆苗仍留在原壓克力筒內，距雌蜂與藥劑接觸後之次日、7 日及 12–14 日，分別記錄原浸藥豆葉上斑潛蠅幼蟲之死亡數、子代寄生蜂之蛹數與成蜂數等。另設僅浸水處理之對照組，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 6–14 重複。

成蜂接觸藥劑 24 小時後存活個體之後續觀察：參照 Chien *et al.* (2007) 之方法，在上述成蜂經接觸 24 小時帶有寄主斑潛蠅豆苗藥膜後，自存活者中隨機選取 1 對成蜂，釋入另一直徑 20 cm、高 25 cm 壓克力筒內，每日供應純蜂蜜與未經浸藥處理帶有 30–40 隻第三齡斑潛蠅幼蟲之單株罐插豆苗，直至雌蜂死亡為止。然後依 Chien & Ku (2001) 之方法，計數該蜂之壽命、生殖力、子代雌性比、寄生致死寄主數、取食致死寄主數及致死寄主總數。對照組之雌蜂則是選自藥劑試驗中對照組之存活者，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 8–12 重複。

統計分析

各項處理之試驗資料利用 SAS-EG (SAS Enterprise Guide) 4.1 版本統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以最小顯著差異性 (least significant difference, LSD) 測驗，在 5%顯著水準下比較處理間之差異；若遇百分率時，資料先進行角度轉換 (arc-sine transformation)，再進行分析。

結　　果

寄生蜂卵期施藥對其未成熟期之影響

岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂卵，經三種不同藥劑與劑型處理後，二種寄生蜂卵之孵化率均達 100%，與對照組間無顯著差異 (表 2)。若持續觀察孵化幼蟲之發育，各藥劑對二種寄

生蜂幼蟲期與蛹期之存活率與對照組間無顯著差異 (表 2)。另外各藥劑對二種寄生蜂卵至蛹期之發育日數亦與對照組無顯著差異 (表 3)。

寄生蜂第四齡老熟幼蟲期施藥對其幼蟲與蛹之影響

岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂第四齡老熟幼蟲，經三種不同藥劑與劑型處理後，二種寄生蜂幼蟲之存活率各達 97.1–100 與 95.9–100%，蛹期之存活率各達 100 與 98.8–100%，均與對照組無顯著差異 (表 4)。

寄生蜂蛹期施藥對其蛹之影響

岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂蛹，經三種不同藥劑與劑型處理後，二種寄生蜂蛹之羽化率均達 98.9–100%，與對照組間無顯著差異 (表 5)。

藥劑對成蜂之影響

帶有寄主斑潛蠅豆苗浸藥後接蜂 24 小時之處理：就雌蜂之存活率而言，僅歐殺滅、阿巴汀及賽滅淨可濕性粉劑具顯著毒害，且其毒害強度因蜂種而異，其中歐殺滅對底比斯釉小蜂較毒 (降低 36.0%)，而阿巴汀則對岡崎釉小

表 2. 岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂卵經不同藥劑處理後未成熟期之存活率

Table 2. Effect of insecticide treatment of eggs of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus* on survival at egg, larva and pupa stages [z]

		Survival (%)			
Insecticides	*n*	Egg	Larva	Pupa	Egg to pupa
Closterocerus okazakii					
Oxamyl	5	100.0 ± 0.0 a [y]	98.8 ± 1.3 a	100.0 ± 0.0 a	98.8 ± 1.3 a
Abamectin	4	100.0 ± 0.0 a	99.0 ± 1.0 a	100.0 ± 0.0 a	99.0 ± 1.0 a
Cyromazine SL	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Cyromazine WP	5	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
CK	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Chrysocharis pentheus					
Oxamyl	4	100.0 ± 0.0 a	96.4 ± 2.1 a	100.0 ± 0.0 a	96.4 ± 2.1 a
Abamectin	4	100.0 ± 0.0 a	98.6 ± 1.4 a	100.0 ± 0.0 a	98.6 ± 1.4 a
Cyromazine SL	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Cyromazine WP	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	97.5 ± 2.5 a	97.5 ± 2.5 a
CK	4	98.8 ± 1.3 a	99.3 ± 0.8 a	98.8 ± 1.3 a	96.8 ± 1.2 a

[z] One seedling of field bean infested with 20–30 wasp eggs was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 20–30 wasp eggs was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25°C under light (14 h light: 10 h dark) at 65–85% R.H.

[y] Mean ± standard error. Means within each column of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus*, respectively, followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test. Data were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.

表 3. 岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂卵經不同藥劑處理後之發育日數

Table 3. Effect of insecticide treatment of eggs of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus* on duration (days) of development from egg to pupa stages [z]

	Closterocerus okazakii		*Chrysocharis pentheus*	
Insecticides	*n*	Mean ± SEM	*n*	Mean ± SEM
Oxamyl	29	13.0 ± 0.1 a [y]	42	13.2 ± 0.2 a
Abamectin	25	13.1 ± 0.2 a	29	13.1 ± 0.1 a
Cyromazine SL	39	13.2 ± 0.1 a	43	13.2 ± 0.1 a
Cyromazine WP	40	13.0 ± 0.1 a	40	13.2 ± 0.3 a
CK	38	13.1 ± 0.2 a	40	13.2 ± 0.1 a

[z] One seedling of field bean infested with 25–40 wasp eggs was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 25–40 wasp eggs was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25°C, under light (14 h light: 10 h dark) at 65–85% R.H.

[y] Mean ± standard error. Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂老熟幼蟲經不同藥劑處理後未成熟期之存活率

Table 4. Effect of insecticide treatment of mature larvae of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus* on survival at larva and pupa stages [z]

		Survival (%)		
Insecticides	*n*	Larva	Pupa	Larva to pupa
Closterocerus okazakii				
Oxamy	4	97.1 ± 1.7 a [y]	100.0 ± 0.0 a	97.1 ± 1.7 a
Abamectin	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Cyromazine SL	4	98.7 ± 1.3 a	100.0 ± 0.0 a	98.7 ± 1.3 a
Cyromazine WP	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
CK	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Chrysocharis pentheus				
Oxamyl	4	95.9 ± 2.4 a	98.8 ± 1.2 a	94.7 ± 2.0 b
Abamectin	4	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Cyromazine SL	5	99.3 ± 0.7 a	99.5 ± 0.5 a	98.8 ± 0.8 ab
Cyromazine WP	4	98.1 ± 1.9 a	99.4 ± 0.7 a	97.4 ± 1.8 ab
CK	4	100.0 ± 0.0 a	98.5 ± 1.6 a	98.5 ± 1.6 ab

[z] One seedling of field bean infested with 20–30 wasp larvae was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 20–30 wasp larvae was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25°C under light (14 h light:10 h dark) at 65–85% R.H.

[y] Mean ± standard error. Means within each column of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus*, respectively, followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test. Data were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.

表 5. 岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂蛹經不同藥劑處理後之羽化率

Table 5. Effect of insecticide treatment of pupae of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus* on percentage of emergence of adults [z]

	Closterocerus okazakii		*Chrysocharis pentheus*	
Insecticides	*n*	Mean ± SEM	*n*	Mean ± SEM
Oxamyl	4	100.0 ± 0.0 a[y]	4	100.0 ± 0.0 a
Abamectin	4	100.0 ± 0.0 a	4	98.9 ± 1.1 a
Cyromazine SL	4	100.0 ± 0.0 a	4	100.0 ± 0.0 a
Cyromazine WP	4	100.0 ± 0.0 a	4	100.0 ± 0.0 a
CK	4	100.0 ± 0.0 a	4	98.8 ± 1.3 a

[z] One seedling of field bean infested with 20–40 wasp pupae was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 20–40 wasp pupae was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25°C under light (14 h light: 10 h dark) at 65–85% R.H.

[y] Mean ± standard error. Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test. Data were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.

蜂較毒 (降低 62.9%)，賽滅淨可濕性粉劑對底比斯釉小蜂之毒性僅降低 4.0%存活率；雄蜂存活率方面，僅歐殺滅與阿巴汀對岡崎釉小蜂顯著各降 6.0 與 7.1%，歐殺滅與賽滅淨可濕性粉劑對底比斯釉小蜂顯著各降 7.0 與 5.0%，此時阿巴汀對岡崎釉小蜂雌蜂與歐殺滅對底比斯釉小蜂雌蜂存活率之影響顯著大於雄蜂 (表 6)。致死寄主率方面，三種供試藥劑分別與岡崎釉小蜂或底比斯釉小蜂并用，各處理組致死寄主率高達 98.9–100%，與單獨使用岡崎釉小蜂 (61.8%) 或底比斯釉小蜂 (39.6%) 間呈顯著差異 (表 6)。生殖力方面，三種供試藥劑與岡崎釉小蜂或底比斯釉小蜂并用，各處理組之子代成蜂數各為 10–40 與 11–20 隻，均較對照組顯著各減少 50.6–87.7 與 58.3–77.1%，其中對二種寄生蜂毒害較輕者為歐殺滅，該劑與阿巴汀或賽滅淨間呈顯著差異 (表 6)。子代雌性比方面，僅阿巴汀對岡崎釉小蜂雌性比較對照組顯著增加 31.3%，其餘各處理組與對照組無顯著差異，但三種供試藥劑卻均對底比斯釉小蜂雌性比顯著減少 41.0–64.1%，處理間無顯著差異 (表 6)。

表 6. 岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂成蟲經不同藥劑處理 24 小時內之存活率、致死寄主率及子代數

Table 6. Effect of insecticide treatment of adult of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus* on survival, progeny and death rate of the host, *L. sativae* [z]

Treatment	*n*	Survival of adult wasp (%)		Host killed (%)/ 10 females	Progeny of wasp/10 females	
		Female	Male		No. adults	Female proportion
Closterocerus okazakii						
Oxamyl + wasp	6	93.3 ± 3.3 Ab [y]	94.0 ± 4.0 Ab	98.9 ± 1.1 a	40 ± 3 b	0.48 ± 0.04 b
Abamectin + wasp	7	37.1 ± 5.7 Bc	92.9 ± 3.6 Ab	99.6 ± 0.3 a	10 ± 1 c	0.63 ± 0.06 a
Cyromazine SL + wasp	9	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 a	12 ± 2 c	0.35 ± 0.05 b
Cyromazine WP + wasp	8	100.0 ± 0.0 Aa	98.9 ± 1.1 Aab	99.9 ± 0.1 a	10 ± 4 c	0.46 ± 0.04 b
Water + wasp	6	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 Aa	61.8 ± 2.6 b	81 ± 6 a	0.48 ± 0.03 b
Chrysocharis pentheus						
Oxamyl + wasp	10	64.0 ± 3.4 Bd	93.0 ± 2.0 Ac	99.5 ± 0.3 a	20 ± 4 b	0.23 ± 0.05 b
Abamectin + wasp	11	91.8 ± 2.6 Ac	97.8 ± 1.5 Aab	99.8 ± 0.2 a	12 ± 2 c	0.18 ± 0.06 b
Cyromazine SL + wasp	9	98.9 ± 1.1 Aab	100.0 ± 0.0 Aa	99.9 ± 0.1 a	11 ± 2 c	0.19 ± 0.05 b
Cyromazine WP + wasp	10	96.0 ± 2.2 Ab	95.0 ± 2.7 Abc	100.0 ± 0.0 a	12 ± 2 c	0.14 ± 0.04 b
Water + wasp	14	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 Aa	39.6 ± 1.8 b	48 ± 2 a	0.39 ± 0.02 a

[z] One seedling of field bean infested 40–50 third-instars of *L. sativae* was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 40–50 third-instars of *L. sativae* was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, 4–5 seedlings (200 larvae) were placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height). Ten pairs of 2-day-old adult wasps were released into each cylinder. All the treatments were kept at 25°C under light (14 h light: 10 h dark) at 65–85% R.H. Data were collected at 24 hrs after treatment.

[y] Mean ± standard error. Means within each row of percent survival of *Closterocerus okazakii* and *Closterocerus pentheus*, respectively, followed by the same uppercase letter denote no significant differences between sexes at 5% level by LSD test. Means within each column of *Closterocerus okazakii* and *Closterocerus pentheus*, respectively, followed by the same lowercase lette are not significantly different at 5% level by LSD test. Percent survival of adult wasp and percent host killed were transformed to arcsin $\sqrt{x}$ prior to ANOVA.

成蜂接觸藥劑 24 小時後存活個體之後續觀察：成蜂接觸三種供試藥劑與劑型 24 小時後，移至未處理藥劑之帶斑潛蠅豆苗上，記錄其壽命、生育力及致死寄主總數。結果顯示供試藥劑中僅阿巴汀對岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂之壽命，各較對照組顯著減少 61.7–94.6 與 67.5–79.0%，且藥劑對岡崎釉小蜂雌蜂壽命之影響顯著大於雄蜂 (表 7)。生殖力方面，供試藥劑對二種寄生蜂子代成蜂數之減少率，均以阿巴汀最大 (100%)，其他藥劑則依蜂種而定，在岡崎釉小蜂測試中，賽滅淨二劑型次之 (23.8%)，歐殺滅無抑制力；但在底比斯釉小蜂測試中，歐殺滅與賽滅淨處理組次之 (42.4–52.5%)，處理間無顯著差異 (表 7)。子代雌性比方面，僅歐殺滅對岡崎釉小蜂顯著減少 30.2%，其餘各藥劑處理與對照組間無顯著差異 (表 7)。致死寄主總數方面，在岡崎釉小蜂測試中，供試藥劑中僅阿巴汀對該蜂具 100% 之抑制力，其餘各處理與對照組間無顯著差異；在底比斯釉小蜂測試中，各藥劑對該蜂之抑制強度，依序最大為阿巴汀 (99.8%)，歐殺滅與賽滅淨二劑型次之 (21.9–34.5%)。產卵與取食比值方面，歐殺滅與賽滅淨二劑型對岡崎釉小蜂或底比斯釉小蜂之抑制力各為 50.0–55.0 與 28.6–38.1%，處理組間雖無顯著差異，但與對照組間呈顯著差異 (表 7)。

討　論

藥劑防治害蟲時，因藥劑化學類型 (chemical group) 與作用機制之不同，對害蟲防治效果不同，同時各地防治害蟲之常用藥劑亦不相同。在中國福州，岡崎釉小蜂是蔬菜斑潛蠅之優勢種寄生蜂，Huang *et al*. (1999) 於室內測得六種殺蟲劑對蔬菜斑潛蠅不同蟲期毒性之大小，依序為成蠅、幼蟲及蛹。其中威寶 (avermectins)、殺蟲雙 (dimehypo, nereistoxin)、

表 7. 岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂成蟲經不同藥劑處理 24 小時後之壽命、生育力及致死寄主數

Table 7. Longevity, fertility and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* and *Chrysocharis pentheus* survived from the insecticide treatment for 24 hrs [z]

Treatment	*n*	Longevity (d) Female	Longevity (d) Male	Fertility (no. offspring wasps/female)	Female proportion	No. hosts killed/female Parasitized	Host feeding	Total	Parasitized/ host feeding
Closterocerus okazakii									
Oxamyl	10	17.6 ± 2.0 Aa [y]	17.8 ± 1.7 Aa	199 ± 18 ab	0.37 ± 0.03 b	202 ± 25 a	216 ± 22 a	418 ± 45 a	1.0 ± 0.1 b
Abamectin	11	1.0 ± 0.0 Bb	6.9 ± 1.4 Ab	0 ± 0 c	–	0 ± 0 b	0 ± 0 c	0 ± 0 b	–
Cyromazine SL	10	17.6 ± 1.2 Aa	16.7 ± 2.0 Aa	173 ± 21 b	0.46 ± 0.03 ab	184 ± 23 a	201 ± 21 a	385 ± 39 a	0.9 ± 0.1 b
Cyromazine WP	11	16.7 ± 1.4 Aa	15.8 ± 1.7 Aa	173 ± 12 b	0.48 ± 0.03 a	182 ± 17 a	210 ± 14 a	392 ± 24 a	0.9 ± 0.1 b
CK	8	18.5 ± 2.4 Aa	18.0 ± 2.2 Aa	227 ± 25 a	0.53 ± 0.05 a	242 ± 26 a	133 ± 26 b	375 ± 48 a	2.0 ± 0.2 a
Closterocerus okazakii									
Oxamyl	9	24.9 ± 2.0 Aa	18.9 ± 2.0 Aa	122 ± 7 b	0.51 ± 0.04 a	159 ± 10 b	113 ± 9 a	272 ± 16 b	1.4 ± 0.1 b
Abamectin	11	4.8 ± 0.3 Ab	6.5 ± 0.3 Ab	0 ± 0 c	–	0 ± 0 c	1 ± 1 b	1 ± 1 c	–
Cyromazine SL	10	22.0 ± 1.3 Aa	19.4 ± 1.2 Aa	148 ± 10 b	0.47 ± 0.04 a	161 ± 8 b	112 ± 6 a	273 ± 11 b	1.5 ± 0.1 b
Cyromazine WP	12	24.7 ± 2.2 Aa	20.7 ± 2.7 Aa	143 ± 10 b	0.42 ± 0.03 a	181 ± 14 b	143 ± 14 a	324 ± 25 b	1.3 ± 0.1 b
CK	8	22.9 ± 1.3 Aa	20.0 ± 2.5 Aa	257 ± 44 a	0.47 ± 0.03 a	270 ± 46 a	146 ± 30 a	415 ± 62 a	2.1 ± 0.4 a

[z] For each replicate, one pair of 3-day-old adult wasp that had survived after insecticide treatment for 24 hrs was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25°C under light (14 h light: 10 h dark) at 65–85% R.H. Third-instar larvae of *L. sativae* on bean seedling without insecticide treatment were placed in the acrylic cylinder on daily basis, 30–40 larvae/seedling/day.

[y] Mean ± standard error. Means within each row of longevity of *Closterocerus okazakii* and *Closterocerus pentheus*, respectively, followed by the same uppercase letter denote no significant differences between sexes at 5% level by LSD test. Means within each column of *Closterocerus okazakii* and *Closterocerus pentheus*, respectively, followed by the same lowercase letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

芬普寧 (fenpropathrin, pyrethroid) 及陶斯松 (chlorpyrifos, organophosphate) 對成蠅 24 小時後之死亡率達 100%；對幼蟲 72 小時後之死亡率，前三種藥劑達 86.9–92.1%，而陶斯松僅 67.6%；但此六種殺蟲劑對岡崎釉小蜂成蜂甚毒，接觸 12 小時後之死亡率均達 100%。在中國廣州，底比斯釉小蜂為蔬菜斑潛蠅之主要寄生蜂，Zeng *et al*. (2004) 於室內與田間測試五種殺蟲劑對蔬菜斑潛蠅及其釉小蜂 *Chrysocharis* sp.之影響，結果得知陶斯松、殺蟲雙及綠寶 (avermectins) 均對蔬菜斑潛蠅具控制效果，各種殺蟲劑雖均對釉小蜂具較強毒力，但以綠寶對寄生蜂較為安全。在中國天津，寄生蔬菜斑潛蠅之寄生蜂以華釉小蜂 [*Neochrysocharis formosa* (Westwood)] 最多，占 57.43%，其次為潛蛾釉小蜂 [*Closterocerus lyonetiae* (Ferriere)] 占 27.72%，此外還有岡崎釉小蜂與潛蠅釉小蜂 [*Diglyphus isaea* (Walker)] 等，Bai *et al*. (2009) 於設施菜豆上測試各九種殺蟲劑與殺菌劑對蔬菜斑潛蠅寄生蜂羽化之影響，其中對寄生蜂無毒與輕度有害之殺菌劑各有六與三種，殺蟲劑中對寄生蜂無毒者有益達胺 (imidacloprid, neonicotinoids)、賽速安 (thiamethoxam, neonicotinoids) 及賽滅淨 (校正死亡率 < 25%)，輕度有害者有高氯 (beta-cypermethrin, pyrethroids)、亞滅培 (acetamiprid, neonicotinoids) 及畢達本 (pyridaben, mitochondrial complex electron transport inhibitors) (校正死亡率 27.92–41.76%)；中度有害者有阿巴汀 (校正死亡率 55.29%)，有害者為畢芬寧 (bifenthrin, pyrethroids) 與陶斯松 (校正死亡率 89.21–98.60%)。在台灣，Chien & Chang (2010) 證實歐殺滅、阿巴汀及賽滅淨，不論其化學類型均可有效防治蔬菜斑潛蠅幼蟲，但若考慮成蠅之取食刻點與幼蟲食痕對寄主植物苗期之影響，防治蔬菜斑潛蠅之最佳藥劑則為歐殺滅與

阿巴汀，其次為賽滅淨。本試驗得知對岡崎釉小蜂影響較重之藥劑為阿巴汀，較輕者為歐殺滅與賽滅淨；對底比斯釉小蜂影響較重之藥劑為阿巴汀與歐殺滅，較輕者為賽滅淨。就中國大陸與台灣之試驗結果，顯示賽滅淨對蔬菜斑潛蠅寄生蜂較為安全。

本試驗顯示三種供試藥劑對二種寄生蜂之毒害均僅在成蜂期。其原因或與二種寄生蜂之產卵方式屬非共育寄生性 (idiobiont)、寄生方式屬內寄生 (solitary) 及致死寄主方式有寄生與取食寄主等有關 (Chien & Chang 2008a, 2009a)。成蜂在搜尋寄主產卵與取食寄主 (host feeding) 時，其觸角、口器、足及產卵管直接接觸豆葉上之藥膜，並取食已帶毒之寄主體液，因而受到藥劑之直接與亞致死毒害；而未成熟期中之卵、老熟幼蟲及蛹卻因未曾與藥劑直接接觸，所以沒受到藥劑之毒害。

當第二日齡雌蜂數與蔬菜斑潛蠅第三齡幼蟲數之比例為 10 隻：200 隻時，岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂一日內致死寄主率各為 61.8 與 39.6% (表 6)；但當三種供試藥劑單獨使用時，其致死寄主率達 100% (Chien & Chang 2010)，另藥劑分別與寄生蜂并用時亦高達 98.9–100% (表 6)。顯示就致死蔬菜斑潛蠅方面，藥劑之效果確實優於寄生蜂，且藥劑與寄生蜂并用對蔬菜斑潛蠅之致死率，較岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂單用時各增加 0.6 與 1.5 倍。證實蔬菜斑潛蠅田間族群密度若高至寄生蜂無法控制時，施用藥劑確可迅速降低該蠅之密度。但若考慮避免藥劑對寄生蜂之毒害、降低藥劑對蔬菜斑潛蠅與其寄生蜂族群穩定消長之干擾、減緩斑潛蠅抗藥性之產生、延長選擇性藥劑之使用壽命及降低防治成本等，在蔬菜斑潛蠅防治上必須慎選藥劑之種類與施用時機。

斑潛蠅屬於侵入性害蟲，本地種寄生蜂在其防治上扮演重要角色 (Murphy & LaSalle 1999)。廣效性藥劑不當施用時，不僅引發斑潛蠅抗藥性之產生，且對天敵造成殺傷力，致使斑潛蠅防治困難，因此在斑潛蠅防治上所採行之策略為綜合防治，而不僅限藥劑防治。在台灣，蔬菜斑潛蠅之寄主植物範圍包括葫蘆科、豆科、茄科、菊科及十字花科等；該蠅雖於苗期、生長期、開花期及結果期危害葉片，但以苗期最嚴重 (Chien & Chang unpublished data)。本試驗結果顯示阿巴汀與二種寄生蜂均不相容，歐殺滅與底比斯釉小蜂不相容，僅賽滅淨與二種寄生蜂較為相容。因此為顧及該蠅之危害特性、經濟重要性、瓜果連續採收農藥安全性、有效寄生蜂自然發生不需人為釋放、及寄生蜂保育等條件，建議作物苗期時蔬菜斑潛蠅之防治應以藥劑防治為主，苗期過後則採以生物防治為主之綜合防治策略。因此祇要在岡崎釉小蜂發生盛期慎選賽滅淨與歐殺滅、底比斯釉小蜂發生盛期慎選賽滅淨防治蔬菜斑潛蠅，田間岡崎釉小蜂與底比斯釉小蜂即可獲得較佳的保育，進而達成蔬菜斑潛蠅有效之綜合防治。

引用文獻 (Literature cited)

Anonymous. 1984. Data sheets on quarantine organisms. Bull. OEPP 14:78.

Anonymous. 2002. Crop Protection Compendium. CAB Int. Wallingford, Oxon, UK.

Bai, Y. C., X. S. Gu, W. H. Xu, X. X. Hu, Y. J. Hao, and B. M. Liu. 2009. Susceptibility of the parasitoids populations of *Liriomyza sativae* Blanchard to chemicals commonly used in vegetable crops. Acta Agric. Boreali-Sinice 24:83–86. (in Chinese with English abstract)

Broadbent, A. B. and D. J. Pree. 1989. Resistance to pyrazophos in the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Ontario greenhouses. Can. Entomol. 121:47–53.

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2007. Morphology, life history and life table of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27:207–227. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008a. Morphology and life history of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:159–181. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008b. Influence of temperature on the population increase and host-killing capability of *Chrysocharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 28:277–291. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009a. Morphology and life history of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 29:25–36. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2009b. Influence of temperature on the life table and host-killing capability of *Closterocerus okazakii* (Kamijo) (Hymenoptera: Eulophidae). Formosan Entomol. 29:37–50. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2010. Effect of common insecticides on *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 30:41–50. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. J. Agric. Res. China 45:69–88. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21:89–97. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2007. The effect of common insecticides on two parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27:277–292. (in Chinese with English abstract)

Hara, A. H. 1986. Effect of certain insecticides on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on chrysanthemums in Hawaii. Proc. Hawaii Entomol. Soc. 26:65–70.

Huang, J. C., Z. H. Lin, J. H. Chen, M. L. Li, and S. Y. Zhou. 1999. Toxicity of six common insecticides on *Liriomyza sativae* Blanchard. J. Fujian Agric. Univ. 28:452–456. (in Chinese with English abstract)

Leibee, G. L. 1981. Insecticidal control of *Liriomyza* spp. on vegetables. p.216–220. *in*: the Proceeding of the Institute of Food and Agricultural Sciences Industry Conference on Biology and Control of *Liriomyza* leafminers. IFAS Pub. Florida.

Mason, G. A., B. E. Tabashnik, and M. W. Johnson. 1989. Effect of biological and operational factors on evolution of insecticide resistance in *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 82:369–373.

Murphy, S. T. and J. LaSalle. 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. Biocontrol News Inform. 20:91–104.

Pang, B. P., J. A. Chen, E. Y. Huang, and Z. S. Bao. 2005. Effects of different host plants on population parameters of *Liriomyza sativae*. Plant Prot. 31: 26–28. (in Chinese with English abstract)

Parrella, M. P., C. B. Keil, and J. G. Morse. 1984. Insecticide resistance in *Liriomyza trifolii*. Calif. Agric. 38:22–23.

Poe, S. L., P. H. Everett, D. J. Schuster, and C. A. Musgrave. 1978. Insecticidal effects on *Liriomyza sativae* larvae and their parasites on tomato. J. Georgia Entomol. Soc. 13:322–327.

Saito, T., F. Ikeda, and A. Ozawa. 1996. Effect of pesticides on parasitoid complex of serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Shizuoka Prefecture. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 40:127–133.

Spencer, K. A. 1973. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. p. 342–350. Series Entomologica Volume 9. The Hague Press. Netherlands. 418 pp.

Trumble, J. T. 1985a. Planning ahead for leafminer control. Calif. Agric. 39:8–9.

Trumble, J. T. 1985b. Integrated pest management of *Liriomyza sativae*: influence of avermectin, cyromazine and methomyl on leafminer ecology in celery. Agric. Eco. Environ. 12:181–188.

Trumble, J. T. and N. C. Toscano. 1983. Impact of methamidophos and methomyl on populations of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and associated parasites in celery. Can. Entomol. 115: 1415–1420.

Waddill, V. H. 1978. Contact toxicity of four synthetic pyrethroids and methomyl to some adult insect parasites. Fla. Entomol. 61:27–30.

Zeng, L., G. W. Liang, and J. J. Wu. 2004. Evaluation of control effect of several insecticides on *Liriomyza sativae* and its natural enemies. J. South China Agric. Univ. 25:44–47.

Effect of Insecticides on *Closterocerus okazakii* and *Chrysoncharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae), Parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae)[1]

Ching-Chin Chien[2,3] and Shu-Chen Chang[2]

Abstract

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2011. Effect of insecticides on *Closterocerus okazakii* and *Chrysoncharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). J. Taiwan Agric. Res. 60:185–196.

Closterocerus okazakii (Kamijo) and *Chrysocharis pentheus* (Walker) are important native parasitoids of *Liriomyza sativae* Blanchard in Taiwan. In this study, seedlings of field bean (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) infested with parasitoids or *L. sativae* were used to determine effect of insecticides (oxamyl SL, abamectin EC, cyromazine SL, and cyromazine WP) on *C. okazakii* and *C. pentheus* at different development stages under laboratory conditions. Results showed that all the three tested insecticides had a significant ($p < 0.05$) lethal effect on *C. okazakii* and *C. pentheus* in adult stage but no lethal effect on other development stages (egg, larva and pupa). When adult wasps were treated with insecticides for 24 hours, survival rates of female and male decreased by 62.9 and 7.1%, respectively, for abamectin in *C. okazakii*, 36.0 and 7.0%, respectively, for oxamyl in *C. pentheus*, whereas the others had no significant effects with decreased survival rates or significantly decreased by 4.0–8.2% only. The progeny of these two species of parasitoids decreased by 75.0–87.7% after the treatment of adults with either abamectin or cyromazine for 24 hours, and 50.6–58.3% by the treatment of adults with oxamyl. Among the three insecticides tested, abamectin was the most toxic insecticide for both parasitoid species. When adult wasps were treated with abamectin for 24 hours and released on untreated bean seedlings infested with hosts daily, the longevity of female wasps, longevity of male wasps, number of wasp progeny, and number of *L. sativae* killed by wasps decreased by 79.0–94.6, 61.7–67.5, 100 and 99.8–100%, respectively. In *C. okazakii*, treatment of adult wasps with both formulations of cyromazine resulted in 23.8% reduction of wasp progeny and treatment of adult wasps with oxamyl resulted in 30.2% reduction of female proportion. In *C. pentheus*, treatment of adult wasps with both formulations of cyromazine or oxamyl resulted in 42.4–52.5% reduction of wasp progeny and 21.9–34.5% reduction in the number of hosts killed by wasps. The percentage of hosts-killed increased 0.6 fold by the combined treatment of insecticide and *C. okazakii*, and 1.5 fold by the combined treatment of insecticide and *C. pentheus*, compared to the treatment of *C. okazakii* or *C. pentheus* alone. Abamectin was incompatible

---

1. Contribution No. 2549 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 26, 2011.
2. Former Senior Entomologist and Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI Council of Agriculture, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: chien@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

when used with both *C. okazakii* and *C. pentheus*, whereas oxamyl was incompatible with *C. pentheus*. The results suggest that cyromazine is less harmful to *C. okazakii* and *C. pentheus* and it can be used with these parasitoids for the control program of *L. sativae*.

Key words: *Liriomyza sativae*, *Closterocerus okazakii*, *Chrysocharis pentheus*, Insecticides, Development stages.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(3):197–210 (2011)

水稻良種繁殖圃中異型株之遺傳分析[1]

吳東鴻[2] 胡凱康[3,4]

摘　要

吳東鴻、胡凱康。2011。水稻良種繁殖圃中異型株之遺傳分析。台灣農業研究 60:197–210。

本研究的目的為探討水稻良種繁殖異型株之可能形成因子；以對於 2004 至 2005 年台灣地區良質米水稻品種具有完全鑑別力之 23 個 SSR 標誌為分析工具，而各品種遺傳組成之標準資料，係以 2004 年第 2 期作良種繁殖更新計畫中所生產之原原種種子為基礎。本試驗從 29 處繁殖圃共取得 40 件田間異型株，其結果顯示共有 8 件與對照樣品相同基因型、8 件品種內分離基因型、6 件品種混雜、13 件天然雜交後裔與 5 件未知品種。顯見大部分田間異型株主要係因天然雜交、品種混雜或品種內均一性不足所致；為了提高良種繁殖制度之效益，建議各級繁殖圃應加強執行設置保護行避免外來花粉汙染，並進行單株選拔提高品種均一性，收穫前確實田間去偽去雜清除異品種混雜等作業。

關鍵詞：水稻、三級繁殖圃、異型株、簡單重複序列標誌。

前　言

水稻為我國最大宗糧食作物，其優良品種之純度與種苗品質控管流程格外重要，若純度低落將導致產生品種混雜及退化等現象，造成植株高矮不均及成熟期不一致，嚴重時導致米質變差和稻米規格不符的情形，進而影響民間糧商收購意願及價格與政府收購之公糧品質，對於農民及政府造成極大的損失。目前良質米推薦品種經良種繁殖制度依序設置原原種圃、原種圃、採種圃，以計畫性的逐層倍增種子數供應農民栽培使用，並對原原種、原種、採種三者進行種苗檢查作業；而現行品種純度的檢查，主要依據田間檢查時對植株形態與生育特性的觀察，與室內檢查時對於稻穀外觀特性上的判別。由於近年來的水稻育種目標與育種程序的一致性，使得水稻品種間的差異有逐漸減小的趨勢，並且因為形態與生育特性的差異容易受到環境的影響，因而降低了現行檢查制度對於異品種的偵測能力。

已有許多文獻指出分子標誌是品種鑑別 (variety identification) 與品種檢查 (variety testing) 的適當工具 (Garland *et al.* 1999; Singh *et al.* 2004; Heckenberger *et al.* 2005; Chakravarthi & Naravaneni 2006; Pervaiz *et al.* 2010)；雖植物新品種保護國際聯盟 (the International Union for the Protection of New Varieties of Plants, UPOV) 公約上，對於品種認定是基於外觀性狀上的可

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2554 號。接受日期：100 年 8 月 31 日。
2. 本所作物組助理研究員。台灣　台中市。
3. 國立台灣大學農藝系副教授。台灣　台北市。
4. 通訊作者，E-mail：khwu@ntu.edu.tw，Fax：(02)23620879。

區別性 (distinctness)、均一性 (uniformity)、穩定性 (stability) 等檢測 (UPOV 1996)，但形態區別僅能提供真實親緣關係的粗略估計，雖具有相同親緣趨勢，但往往在經過一系列形態評估後，仍無法明確區分兩相近的品種 (Heckenberger *et al.* 2005; Nagy *et al.* 2009)。

然眾多分子標誌系統中，以 SSR 標誌具有共顯性能分辨異質結合體，數量眾多能均勻散佈於全基因組中，且因序列滑動複製造就遺傳訊息豐富多變，PCR 反應操作技術簡易，條帶再現性高及條帶性質適合使用自動偵測等性質，使得 SSR 標誌成為水稻遺傳分析的優先選擇 (Bautista *et al.* 2006; Shishido *et al.* 2006)。為了偵測水稻栽培品種內的遺傳歧異度 (allelic diversity)，能快速、有效、精確判讀基因型，相繼有學者利用 SSR 螢光標誌，以 Multiplex 方式搭配半自動螢光偵測系統 (Blair *et al.* 2002; Coburn *et al.* 2002; Jain *et al.* 2004)，其試驗結果也與過去的同功酶 (isozyme)、RFLP 等分析結果相符合，使得 SSR 標誌成為一項穩定又兼具高效性的鑑別工具。

而監控品種內的變異性程度，在現今強調智慧財產權的趨勢中尤其重要，因品種內分離幅度過大將危及品種內均一性，該品種可能因此喪失品種權的保護。亦鑒於種子檢查室田間檢查員對各級繁殖圃進行田間檢查時，常可檢出田間異型株的存在，但限於外觀形態易受環境影響而發生變異，無法僅藉由目視檢測釐清真實遺傳效應與外在環境干擾。因此本試驗希望藉由分子標誌輔助檢查，能進一步釐清造成田間異型株之成因，係純粹僅受環境因子造成性狀變異，或因品種混雜、外來花粉污染所致，以作為未來提升良種品質之參考依據。

材料與方法

試驗材料

田間異型株檢出標準，係在黃熟期以各繁殖圃中特定品種普通植株外觀形態與生育特性，作為其採樣點對照樣品，若生育特性或外觀型態與其對照樣品相異者視為異型株，如：單一稻叢中多數分蘗與對照樣品相較下顯現株高異常超過 10 cm、整穗稻穗均具長芒、生育時期超過 7 天、或稉稻繁殖圃中存有長粒形之稻株等顯著異型態。本試驗每一件異型株均以該株單穗為分析單位，若種子袋中存有對照樣品與異型株相互混雜，則目測篩選異型態穀粒，逐一進行單粒分析，以釐清對照樣品與異型株之遺傳差異，而單穗混合樣品分析結果若檢出異質結合體基因型，則再以單粒穀粒進行個別分析。

本試驗材料分別由 2005 年第 1 期作各級繁殖圃 18 處與 2005 年第 2 期作新竹縣採種圃 11 處，共取得 40 件水稻田間異型株。其中第 1 期作各級繁殖圃異型株係由農糧署種子檢查室協助取樣，田間檢查員於 2005 年 5 月至 7 月中進行田間檢查時，分別在 1 處原原種田、14 處原種田與 3 處採種田共 18 個採樣點，檢出 23 件田間異型株，並合併該採樣點之對照樣品共取得 40 個參試樣品，涵蓋台稉 5、8、14 號 (TK5, 8, 14)、高雄 139、145 號 (KH139, 145)、台中 191 號 (TC191)、桃園 1 號 (TY1) 與台農 71 號 (TNG71) 等 8 個栽培品種。另配合 2005 年「全國稻米優良採種戶競賽」新竹縣初賽，於新竹縣 2005 年第 2 期作台稉 14 號 11 處採種田，檢出 17 件採種異型株，個別保存種子並紀錄異型株性狀，並進行遺傳分析以及後裔行田間性狀調查；另因未建立 2004 年台稉 14 號第 2 期作原原種基礎資料，2005 年第 2 期作台稉 14 號 23 處採種戶採樣點均未取樣對照樣品，改以 2005 年第 1 期作台稉 14 號原種為其後續分析基礎資料。本試驗樣品編號皆以第 1 碼為採樣點編號，第 2 碼編號為 1 者係該採樣點之對照樣品，第二碼編號 2 以上者，則為異型株。

分析方法

本研究使用 Wu & Hwu (2010) 所篩出於台灣粳稻品種間具多型性之 SSR 標誌，如 RM120、RM159、RM163、RM164、RM167、RM210、RM214、RM223、RM235、RM247、RM266、RM276、RM333、RM426、RM440、RM567、RM70、RM105、RM211、RM215、RM243、RM297 等 22 組引子，並以 2004 年第 2 期作各良質米推薦品種之原原種基因型作為該品種之基礎資料，以便進行後續各異型株遺傳分析，而其基礎資料包含台中 191 號 (TC191)、台中秈 10 號 (TCS10)、台中秈糯 1 號 (TCSnGl1)、台東 30 號 (TT30)、台南 11 號 (TN11)、台南糯 10 號 (TNGlu10)、台農秈 22 號 (TNGS22)、台稉 2、4、5、8、9、11、16、17 號 (TK2, 4, 5, 8, 9, 11, 16, 17)、台稉糯 3、5 號 (TKGlu3, 5)、花蓮 19、20 號 (HL19, 20)、高雄 139、143、145 號 (KH139, 143, 145) 共 22 個品種 (Wu & Hwu 2010)。本試驗中穀粒樣品經球磨機 (TissueLyser, Qiagen Co.) 研磨後，以修改自 Zimmermann *et al.* (1998) 的 CTAB 法萃取穀粒 DNA，經分光光度計 (NanoDrop-1000; Thermo Scientific, USA) 進行 DNA 濃度定量，然 PCR 反應條件與毛細管電泳程序與設備皆同 Hsieh *et al.* (2007)。

本試驗統計分析主要採用集群分析法 (cluster analysis)，呈現樣品間遺傳相似性的高低；遺傳相似性係利用相同基因座的數目於全部基因座數目的比率。集群分析係以 NTSYSpc 2.2 (Exeter Software) Cluster 類別中的 SHAN 模組以 UPGMA (Un-weight Pair-Group Method using Arithmetic averages) 法 (Nei *et al.* 1983) 進行分析。

結　　果

本試驗共取得 40 件水稻田間異型株與其該採樣點上對照樣品，皆經 22 組 SSR 引子分析其基因型後，再與 2004 年第 2 期作原原種資料合併比較，其中 2005 年第 1 期作各級繁殖圃 18 處採樣點分析結果如表 1，而 2005 年第 2 期作台稉 14 號 11 處採種田分析結果如表 2。整體試驗結果可區分為數項：(1) 採樣點對照樣品與基礎資料不一致、(2) 異型株與其採樣點對照樣品基因型無異、(3) 品種內分離基因型、(4) 品種混雜、(5) 栽培品種天然雜交與 (6) 未知品種等類型。而待測樣品若屬高度同質結合體基因型樣品則採集群分析探究品種來源，其與 22 個良質米推薦品種基礎資料合併分析結果如圖 1 所示。然遺傳組成為部分比例異質結合體基因型則判定為天然雜交後裔，需進一步進行後裔分離檢測基因型探究其雜交親本。

對照樣品遺傳組成與基礎資料不一致者

本試驗 2005 年第 1 期作各級繁殖圃 18 處採樣點中，大多採樣點上之對照樣品遺傳組成與其基礎資料相符合，僅台稉 14 號 2 處採樣點的對照樣品 (O12-1, O17-1) 呈現基因型內分離，雖然該品種事先並未建立基本種與原原種等基礎資料，但與其 2004 年 7 處原種田的分子資料比較遺傳相似性，顯示這 2 處所取得的對照樣品與原有原種田有 0.04 到 0.06 的遺傳距離，亦顯示該品種具較低遺傳均一性 (圖 1)。

異型株遺傳組成與對照樣品無異者

台稉 8 號原種田異型株 O1-2，株高較對照樣品高超過 10 cm，但其遺傳組成仍與基礎資料完全一致；相同情形也出現在高雄 145 號原種田異型株 O5-2、高雄 139 號原種田異型株 O13-2、以及台稉 14 號採種田異型株 O17-2、O17-3、O23-2 及 O24-2 等 6 件，顯示僅以株高異常做為田間目視判斷異型株的證據力較為薄弱。而在台中 191 號原種田中所取得的異型株 O6-2，雖田間紀錄異型態為秈型且有芒，但穀粒外觀並不似秈型瘦長穀粒，且遺傳分析結果仍顯示與基礎資料之遺傳組成完全一致；惟因

表 1. 2005 年第 1 期作三級繁殖圃田間異型株分析結果

Table 1. Analysis of off-type plants of rice grown in the three-step propagation nursery in the first crop season of 2005

Code [z]	Cultivars	Phenotype [y]	Genetic result [x]	Seed class	Collection site
O1-1	TK8	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Beidou township,
O1-2		Tall	Identical genotype		Changhua county
O2-1	TK8	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Beidou township,
O2-2		Long awn	0.18 genetic distance		Changhua county
O2-3		Long awn	0.18 genetic distance		
O3-1	TK5	Normal type	Identical genotype	Foundation seed	Pingtung city,
O3-2		Different panicle	0.04 genetic distance		Pingtung county
O4-1	KH145	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Wandan township,
O4-2		Mix indica and japonica type	Hybrid progeny (low heterozygosity)		Pingtung county
O5-1	KH145	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Tianzhong township,
O5-2		Tall	Identical genotype		Changhua county
O6-1	TC191	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Beidou township,
O6-2		Indica plant type, awn	Identical genotype		Changhua county
O7-1	TNG71	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Wufeng township,
O7-2		Tall, long grain, awn	Variety mixture, TCS10		Taichung county
O8-1	TNG71	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Wufeng township,
O8-2		Tall, long grain, awn	Variety mixture, TCS 10		Taichung county
O9-1	TNG71	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Wufeng township,
O9-2		Tall, long grain	Variety mixture, TCS 10		Taichung county
O10-1	TNG71	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Wufeng township,
O10-2		Early maturity, dwarf	0.1 genetic distance		Taichung county
O11-1	TNG71	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Wufeng township,
O11-2		Early maturity, dwarf	0.1 genetic distance		Taichung county
O12-1	TK14	Normal type	0.06 genetic distance	Registered seed	Gukeng township,
O12-2		Awn	0.13 genetic distance		Yunlin county
O13-1	KH139	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Fuli township, Hualien
O13-2		Tall	Identical genotype		county
O14-1	TY1	Normal type	Identical genotype	Certified seed	Fangliao township,
O14-2		Early maturity, awn	0.5 genetic distance		Pingtung county
O14-3		Early maturity, large grain	Hybrid progeny (high heterozygosity)		
O14-4		Large grain, awn	Hybrid progeny (high heterozygosity)		
O15-2	TY1	Awn	Hybrid Progeny (high heterozygosity)	Certified seed	Fangliao township, Pingtung county
O16-1	TK14	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Zhudong township,
O16-2		Awn	0.17 genetic distance		Hsinchu county
O16-3		Early maturity, dwarf,	Hybrid progeny (low heterozygosity)		
O17-1	TK14	Normal type	0.04 genetic distance	Certified seed	Fangliao township,
O17-2		Tall	Identical genotype		Pingtung county
O17-3		Tall	Identical genotype		
O18-1	TK14	Normal type	Identical genotype	Registered seed	Xiangshan dist.,
O18-2		Late maturity, tall	Hybrid progeny (low heterozygosity)		Hsinchu city

[z] Sample code: (1) first code = collection site and (2) second code: 1= normal plant and 2, 3 or 4 = off-type plants.
[y] The phenotype of off-type plants was based on comparison with normal plants at the same sampling location in the first crop season of 2005.
[x] The genetic component of off-type plants in the first crop season of 2005 was based on comparison with the plants from foundation seeds planted in the second crop season of 2004.

表 **2.** 2005 年第 2 期作新竹地區台稉 14 號採種田間異型株分析結果

Table 2. Analysis of off-type plants in certified seeds of Japonica rice cultivar TK14 grown in the second crop season of 2005 at Hsinchu county

Code [z]	Phenotype [y]	Genetic result [x]	Collection site
O19-2	Tall, high shattering	TK14 hybrid progeny (high heterozygosity)	Zhudong township
O19-3	Tall	TK14 hybrid progeny (high heterozygosity)	Zhudong township
O20-2	Tall, high shattering	TK14 hybrid progeny (high heterozygosity)	Zhudong township
O21-2	Tall, late maturity	TK14 hybrid progeny (low heterozygosity)	Xinpu township
O21-3	Tall，long grain	TK14 × TCS10	Xinpu township
O21-4	Tall, late maturity, awn	TK14 hybrid progeny (high heterozygosity)	Xinpu township
O22-2	Tall, long grain	TK14 hybrid progeny (high heterozygosity)	Xinpu township
O23-2	Tall, grown between rows	Identical genotype, TK14	Qionglin township
O24-2	Tall	Identical genotype, TK14	Guanxi township
O24-3	Tall	TY1 hybrid progeny (low heterozygosity)	Guanxi township
O25-2	Tall	TK14, 0.11genetic distance	Guanxi township
O26-2	Long grain	Variety mixture, TCS10	Xinfeng township
O26-3	Tall, grown between rows	TCS10, 0.1genetic distance	Xinfeng township
O27-2	Long grain	Over 0.5 genetic distance, near Indica type	Zhubei city
O28-2	Dwarf, early maturity	Over 0.5 genetic distance, near Indica type	Xinpu township
O29-2	Tall	Over 0.5 genetic distance, near Indica type	Xinpu township
O29-3	Late maturity	Over 0.5 genetic distance, near Indica type	Xinpu township

[z] Sample code: (1) first code = collection site and (2) second code: 2, 3 or 4 = off-type plants.
[y] The phenotype of off-type plants was based on comparison with normal plants at the same sampling location in the second crop season of 2005.
[x] The genetic component of off-type plants in the second crop season of 2005 was based on comparison with the plants from 2005 registered seeds of TK14.

台中 191 號屬稉形早熟稻，穀粒呈現秈形恐影響該品種表現型之一致性，在田間檢查過程仍宜去除。

品種內分離基因型者

各採樣點上異型株與其基礎資料的遺傳距離小於 0.2 者視為品種內分離基因型 (Heckberger *et al.* 2002)；然本試驗中小於 0.1 遺傳距離者，僅台稉 5 號原原種田上的異型株 O3-2，雖穗形有別於對照樣品，顯示此異型株仍屬於品種內分離基因型。而品種內對照樣品與異型株之遺傳距離介於 0.1 到 0.2 者，可見於台農 71 號 2 處原種異型株 O10-2 與 O11-2 之中，其生育特性均為早熟、植株矮，與其 2005 年第 1 期作原種種子具 0.1 個遺傳距離；台稉 8 號原種異型株 O2-2 與 O2-3，外觀形態為長稃尖，有 0.18 個遺傳距離；台稉 14 號原種異型株 O12-2 以及 O16-2，外觀性狀亦為穀粒有芒，分別存有 0.13 與 0.17 個遺傳距離；上述異型株雖然與各品種之核心基因型均超過 0.1 遺傳距離，但仍小於 0.2 遺傳距離，仍認定這些異型株為各品種內的分離基因型品系。

然 2005 年第 2 期作台稉 14 號採種異型株 O25-2 的遺傳組成與 2005 年第 1 期作台稉 14 號原種基因型相近，相差 0.11 個遺傳距離，但因 RM266I 基因座對台中秈 10 號、台中秈糯 1 號與台農秈 22 號與桃園 1 號存有品種專一性對偶基因 (Wu & Hwu 2010)，而該樣品其 RM266I 基因座上具有桃園 1 號所專有的對偶基因 110 bp，而另 22 個 SSR 基因型均同質結合體，後裔農藝性狀整齊、無性狀分離，因此暫且將異型株 O25-2 歸類為台稉 14 號，但仍懷疑是否為台稉 14 號與桃園 1 號雜交後裔。

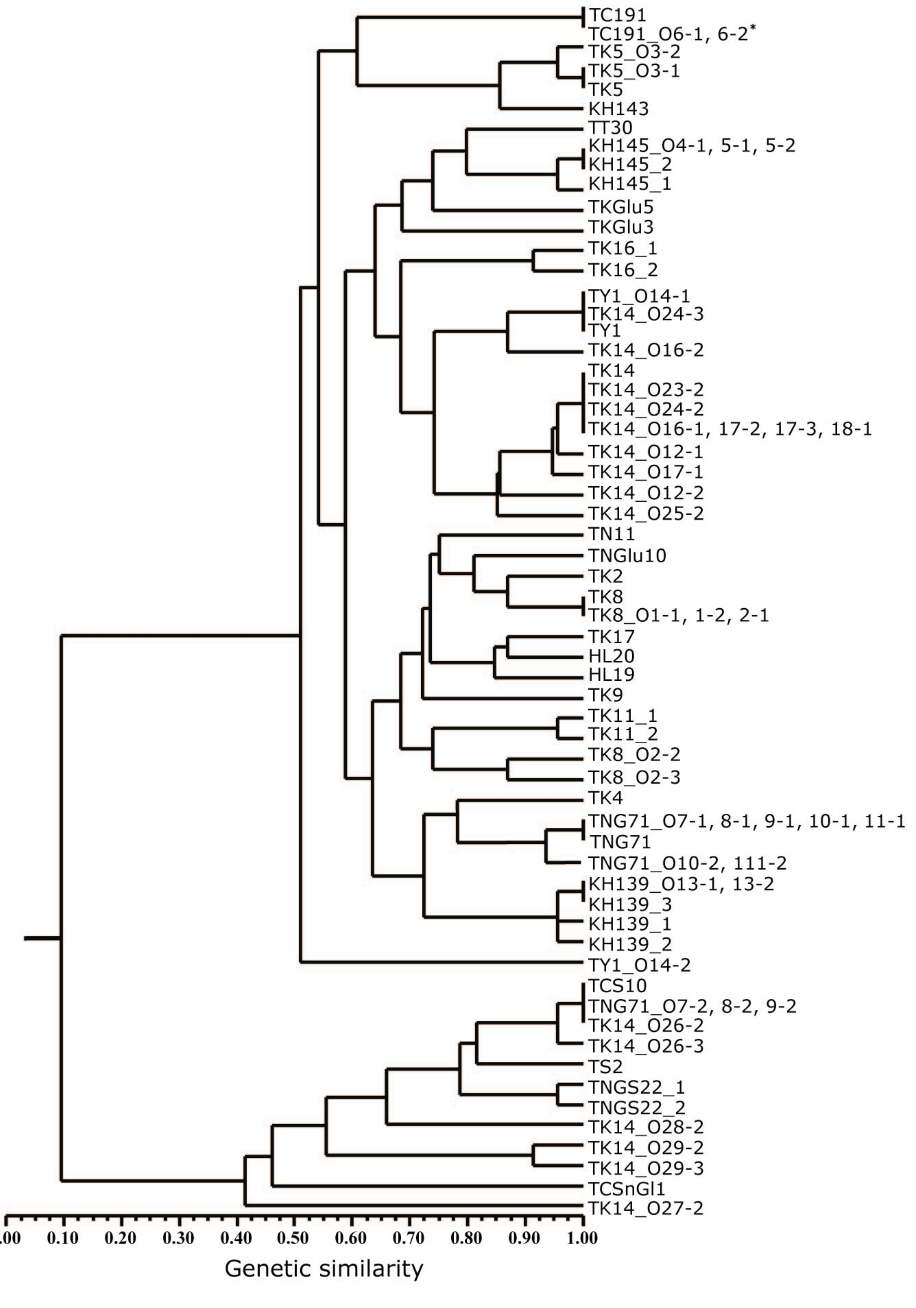

圖 1. 本試驗參試 2005 年三級良種繁殖異型株與其 2004 年第 2 期作原原種之集群分析。

Fig. 1. The cluster analysis of off-type plants of rice in the three-step propagation nursery in the 2005 crop season, compared to the plants from foundation seeds of the second crop season of 2004. (*Off-type plant sample code: (1) first code: cultivar, (2) second code: collection site, and (3) third code: 1 = normal plant and other numbers = off-type plants.)

品種混雜

台農 71 號原種異型株 O7-2、O8-2、O9-2，經分群分析後發現此 3 個異型株的遺傳組成與台中秈 10 號一致，且穀粒外觀性狀均為瘦長型，其性狀與遺傳分析結果一致，顯示這 3 件皆為品種混雜的情形；經洽農糧署種子檢查室，推測可能為育苗土添加稻穀，因未完全粉碎所遺留稻穀發芽所致。而類似情況亦發生於 2005 年第 2 期作台稉 14 號採種異型株中，經遺傳分析發現台稉 14 號異型株 O24-3 是桃園 1 號，而異型株 O26-2、O26-3 係台中秈 10 號，調查異型株 O24-3 後裔亦具有桃園 1 號穗重型特性，且異型株 O26-2、O26-3 後裔也顯現秈稻株型與瘦長型穀粒，顯示遺傳分析結果能與田間後裔性狀表現相對應。

栽培品種天然雜交

良質米栽培品種均是經由多代自交、選拔固定後才釋出，其遺傳組成呈現高度同質結合狀態，再經 3 級良種繁殖制度穩定倍增繁殖，可維持品種內高度均一性。然據 Wu & Hwu (2010) 所示 22 個良質米推薦品種之基礎資料，在品種內並存多種同質結合體基因型者中亦至多僅相異 2 基因座，因此認定遺傳組成若超過 3 個基因座為異質結合狀態者，可推論該株是屬雜交後裔；再經由異型株遺傳組成的異質程度可推論親本親緣之遠近，若遺傳組成屬於高度異質性者，其雜交親本是兩親緣較遠的品種，若少數基因座為異質結合體，大多數基因座呈現基因型未分離者，是因親緣較近的品種雜交所致，形成異型株為低度異質結合狀態。而為推測雜交後裔之雜交組合，可藉由具品種專一之對偶基因推測出雜交候選親本，再比對異型株之整體遺傳組成，便可知曉其雜交親本。

高度異質結合體者：在桃園 1 號採種田中所取得的異型株 O14-3、O14-4 以及 O15-2，一開始以單穗混合樣品進行分析時，呈現所有基因座均為異質結合狀態，進一步各別取 10 粒穀粒進行單粒分析，發現其遺傳組成仍為高度異質結合狀態，且發現部份對偶基因超出存於良質米品種上之已知範圍，顯示此 3 件異型株是由於親緣關係較遠的品種，在田間自然雜交所產生的雜交子代，其雜交親本非本試驗良質米品種。

台稉 14 號採種異型株 O19-2、019-3、020-2、O21-4、O22-2 者，其遺傳背景高度異質化，多數基因座呈現異質結合體基因型，然其由單粒基因型分離情形發現各基因座上均有台稉 14 號對偶基因，顯示這 5 個異型株均是台稉 14 號與其他品種雜交所致；而這 5 件異型株的後裔田間表現，大多顯現成熟期不一致、株高高低分離、單株間長短芒不一等性狀分離，大多異型株後裔所具有的芒為白色，以異型株 O20-2 後裔性狀分離歧異度最高，其後裔各單株間，有者為普通白色長芒 (> 2 cm)、紅色長芒者、紫黑色稃尖但無芒以及正常無芒穀粒。

藉由具品種高鑑別力的分子標誌可協助推論雜交親本，如 SSR 基因座 RM333 與 RM266 對台中秈 10 號具品種專一性對偶基因而存有高鑑別能力，在分析台稉 14 號採種異型株 O21-3 的後裔基因型分離情形中，比對結果顯示可能為台中秈 10 號與台稉 14 號雜交所致 (表 3)，且後裔田間性狀也出現瘦長粒型與秈稻株型，兩方結果相符，更加印證此推論。

低度異質結合體者：於台稉 14 號原種田上所取得的異型株 O16-3 與 O18-2，以及在高雄 145 號原種田所發現的異型株 O4-2，各以 5 - 10 粒穀粒進行單粒遺傳分析後，結果顯示有少數基因座為異質結合狀態，大多數基因座基因型未分離。進一步將 O16-3 與 O18-2 台稉 14 號異型株與現行良質米品種比對其遺傳組成，發現桃園 1 號與台稉 14 號為該 2 個異型株的雜交親本 (表 4)，且因在桃園 1 號與台稉 14 號上本有 15 個基因座帶相同對偶基因，因此這些基因

表 3. 台中秈 10 號、台稉 14 號與台稉 14 號採種異型株 O21-3 之遺傳組成

Table 3. Allelic composition of 23 SSR loci in the off-type plants O21-3 of cultivar TK14, compared to the cultivars TCS10 and TK14

Sample	RM105 (bp)	RM120 (bp)	RM159 (bp)	RM163 (bp)	RM164 (bp)	RM167 (bp)	RM210 (bp)	RM211 (bp)	RM214 (bp)	RM215 (bp)	RM223 (bp)	RM235 (bp)	RM243 (bp)	RM247 (bp)	RM266 (bp)	RM266I (bp)	RM276 (bp)	RM297 (bp)	RM333 (bp)	RM426 (bp)	RM440 (bp)	RM567 (bp)	RM70 (bp)
TCS10	134	165	243	164	252	122	153	149	112	144	154	107	111	134	128	108	98	147	207	219	209	244	164
TK14	126	167	252	127	296	144	151	138	147	149	145	97	113	156	120	— [y]	121	195	179	147	168	254	164
O21-3_1 [z]	134, 126	165, 167	243	164, 127	252	144	151	149	112, 147	144	145	107, 97	111	134	128, 120	108	121	195	207, 179	147	209	244	164
O21-3_2	134, 126	165, 167	243	164, 127	252	144	151	149	112, 147	144	145	97	111	156	128, 120	108	121	195	207, 179	147	209	244, 254	164
O21-3_3	134	165, 167	243	127	252	144	153, 151	138	112, 147	144	145	97	111	134, 156	128, 120	108	98, 121	147, 195	207, 179	147	209	244	164
O21-3_4	134	167	243, 252	164, 127	252	144	151	149, 138	147	144, 149	145	97	111	156	128, 120	108	98	147, 195	207, 179	147	209	254	164
O21-3_5	126	165, 167	243	127	296	144	151	149, 138	112, 147	144	145	97	111	156	120	—	98, 121	195	207, 179	147	209	244	164
O21-3_6	134	165, 167	243	164	252	144	153	149	112	144	145	97	111	134	128, 120	108	98	195	207	147	209	244	164
O21-3_7	126	167	243	164, 127	252	144	153, 151	138	112, 147	144, 149	154, 145	97	111	156	128	108	98, 121	147	207, 179	147	209	244	164
O21-3_8	126	165, 167	243	127	252, 296	144	151	138	112, 147	144	145	107	111	156	128	108	98	147, 195	179	147	209	244	164
O21-3_9	134,126	167	252	164	252	144	151	138	147	149	145	107	111	134	128	108	121	195	207	147	209	244, 254	164
O21-3_10	126	165, 167	243	164	252	122, 144	153, 151	138	112, 147	144	145	107	111	156	128,120	108	98, 121	195	179	147	209	244, 254	164
O21-3_11	126	165	243	127	252	122	151	138	112	144	145	107	111	134	120	—	98, 121	195	207	147	209	254	164
O21-3_12	126	165	243	164	252	122	151	149	147	144	145	107	111	156	120	—	121	147,195	207,179	147	209	254	164

[z] Off-type plant sample code: (1) first code = sampling location, (2) second code = number of off-type plant and (3) third code = progeny number of off-type plant .

[y] The null allele in RM266I SSR locus.

表 4. 桃園 1 號、台稉 14 號與台稉 14 號異型株 O16-3、018-2 之遺傳組成

Table 4. Allelic composition of 8 SSR loci in the off-type plants O16-3 and O18-2 of cultivar TK14, compared to the cultivars TY1 and TK14

Sample	RM164 (bp)	RM215 (bp)	RM243 (bp)	RM266 (bp)	RM266I (bp)	RM333 (bp)	RM440 (bp)	RM567 (bp)
TK14	296	149	113	120	— [y]	179	168	254
TY1	264	146	111	136	110	210	171	256
O16-3_1 [z]	264, 296	146	111	136	110	179	168, 171	256
O16-3_2	296	146	111	136	110	179	168, 171	256
O16-3_3	264, 296	146	111	120, 136	110	179	168, 171	256
O18-2_1	264, 296	146	111	120, 136	110	179, 210	168, 171	254
O18-2_2	264	146	111	136	110	179, 210	168, 171	254

[z] Off-type plant sample code: (1) first code = sampling location, (2) second code = number of off-type plant, and (3) third code = number of progeny of off-type plant.

[y] The null allele in RM266I SSR locus.

座在雜交後裔中並不會出現基因型分離現象，僅剩下 8 個基因座會產生分離，而 O16-3 與 O18-2 有出現異質結合狀態的基因座就在這 8 個基因座中，且 RM266 引子對所偵測到的對偶基因即為桃園 1 號所專有，以及這些異型株在 RM215 與 RM243 上所具有的基因型均與桃園 1 號一致，綜觀顯示這 2 個異型株的雜交親本可能為桃園 1 號與台稉 14 號。

由高雄 145 號 O4-2 異型株中取出 10 粒穀粒，分析單粒基因型組成，剔除重複遺傳組成的品系，以其中 6 個主要不同基因型 (haplotype) 的品系與已知品種逐一比對，發現此件異型株最大可能的雜交親本為高雄改良場所育成的台秈 2 號 (TaiSeng 2, TS2)，有 12 個基因座與異型株的基因型完全一致，剩下 11 個基因座中有 7 個基因座能完全解釋異型株的基因型，僅有 RM215、RM235、RM426 與 RM70 等 4 個基因座不同 (表 5)。

台稉14號採種異型株O21-2亦顯示遺傳背景低度異質化，多數基因座之基因型呈現同質結合體，然其由後裔基因型分離情形發現各基因座上均存有台稉 14 號對偶基因，顯示該件異型株亦是台稉 14 號與未知品種雜交所致。

未知品種

在桃園 1 號採種田上發現 O14-2 異型株，與其基礎資料有 0.5 個遺傳距離，外觀性狀有成熟早、具芒、葉色深等特性，該異型株的遺傳組成不與目前資料庫中任何一個已知品種相符合，推測可能某一地方品種或為某一尚未納入資料庫中的品種。另台稉 14 號異型株 O27-2、028-2、029-2、O29-3 與秈稻良質米相差 0.5 個遺傳距離，外觀性狀有成熟早、粒型長、植株矮等特性，該異型株的遺傳組成亦不與任何 2005 年良質米推薦品種相符合，但 SSR 分析顯示遺傳背景均一，推測可能某一地方品種或為某一尚未納入資料庫中的品種，且遺傳分析結果顯示與秈稻遺傳組成相近。另由桃園 1 號採種異型株 O15 的分櫱數多 (36.4 支)、矮性株高平均 73.29 (± 3.82) cm、早熟、中間型穀粒等外觀形態，並經 SSR 遺傳分析顯示遺傳背景均一，22 個 SSR 基因型均為同質結合體，應經過人為選拔純化，SSR 遺傳相似性亦與秈稻親緣相近，均與早期秈稻矮性株高、早熟外觀性狀相符合，顯示可能為過去於新竹地區曾普遍種植的地方品種「新竹矮腳尖」 (黃振增，個人通訊)。

表 5. 台稉 2 號與高雄 145 號異型株 O4-2 之遺傳組成

Table 5. Allelic composition of 11 SSR loci in the off-type plants O4-2 of cultivar KH145, compared to the cultivars TS2 and KH145

Sample	RM163 (bp)	RM164 (bp)	RM215 (bp)	RM235 (bp)	RM243 (bp)	RM266 (bp)	RM266I (bp)	RM333 (bp)	RM426 (bp)	RM440 (bp)	RM70 (bp)
TS2	164	252	144	107	111	126	108	204	219	209	205
KH145	127	296	149	97	111	120	－ [y]	219	147	168	164
O4-2_1 [z]	136, 164	252, 266	146	143	111, 117	118	110	176	221	204, 209	207
O4-2_2	136, 164	252, 266	146	143	111, 117	118	110	176, 204	221	204, 209	207
O4-2_3	136	266	146	143	111	126	108	176, 204	221	204	207
O4-2_4	136	266	146	143	111, 117	126	108	176, 204	221	204	207
O4-2_5	136	266	146	143	111, 117	126	108	176, 204	221	204	207
O4-2_6	164	252	146	143	117	118	110	176, 204	221	209	207

[z] Off-type plant sample code: (1) first code = sampling location, (2) second code = number of off-type plant, and (3) third code = number of progeny of off-type plant .

[y] The null allele in RM266I SSR locus.

討 論

品種檢查 (variety testing) 是種子檢查領域中一個重要工作項目。依據國際種子檢查協會 (International Seed Testing Association, ISTA) 所制訂的國際種子規範 (International Rule Book for Seed Testing)，品種檢查的目的為:「檢測受檢樣品種子與其宣稱品種的一致性程度」。很顯然的，在品種檢查概念中除了品種正確性外，還必需具有相當遺傳純度。然 (遺傳) 純度與純潔度 (Purity) 並不同，在種子檢查的領域中，基本檢查項目為「水分」、「發芽率」與「純潔度」，但此處的純潔度所指的是送驗種子樣品中無生命雜質與其他 (物種的) 種子之比率。

另一種常見的誤解，是將品種檢查與品種鑑定 (variety identification) 混為一談。在品種檢查中，目標品種的正確性甚為重要，且它的著眼點並不在於所檢定的品種與其它的品種間是否存有差異，而是送驗樣品與生產者所宣稱的品種是否一致；但品種檢查並不止於此，它另一項重點目標是檢查送驗樣品是否在遺傳層次上具有相當純度，足以代表所宣稱的品種。就如同發芽率的檢查一般，著眼點係在於保障消費者 (農民) 所購買到種子的品質。換言之，品種鑑定所保護的對象是育種家 (種子公司)，是應用於品種保護議題上，所以研究目標較著重於試驗樣品的獨特性，所面臨問題的範圍 (scope) 較大或沒有限制，須分析的試驗樣品數較少，會需採用複雜、精細的技術；而品種檢查所要保護的是農民，係應用於良種繁殖制度中，研究目標較著重於試驗樣品的均一性，檢測範圍已有明確限制，但需要分析的試驗樣品數較多，所以技術發展時須考慮時間與分析成本等因素。

Wu & Hwu (2010) 前文研究曾針對良質米品種連續 3 個繁殖世代，以 SSR 分子標誌追蹤繁殖制度中的原始種子、原原種、原種等三種級別種子之遺傳組成，顯示絕大部分品種在這 3 個級別中呈現連續一致，儘管品種內並存多基因型但均能穩定地在世代推進中表現，可見水稻良種繁殖制度可穩定維持品種內遺傳組成，對於控管品種純度與發芽率等種苗品質具有高度正面意義，但在稻作大面積經濟栽培

中，仍時而檢出田間異型株，顯示繁衍過程中尚存有部分混雜因子，若不嚴格控管將降低品種純度與生產品質。

在本試驗分析來自 29 處良種繁殖圃 40 件異型株中，檢出異型株與其採樣點對照樣品基因型無異者有 8 件，該類型可能係因參試 22 組 SSR 分子標誌未能涵蓋整體基因組，造成遺傳分析與株高等形態性狀相關性不足，或因品種內各分離基因型於不同栽培環境下，發生環境與基因的交感效應導致性狀變異。本試驗檢出品種內分離基因型 8 件外，另有超過半數的異型株 (24 件) 是與對照樣品遺傳組成高度相異者，依其結果可區分為 3 大類型：(1) 天然雜交：現行水稻栽培品種均是經連續固定育種程序所釋出之品種，其遺傳組成應呈現高度同質化，因此若反之，則視為雜交子代。不論是由親緣相近的兩品種雜交所致之低度異質性，或為遠緣雜交後裔之高度異質性，若檢出超過 3 個基因座為異質結合體者，均認定為外來花粉污染，形成品種天然雜交後裔；僅需再藉由地緣關係、具品種專一性對偶基因等限定背景訊息，可推測出其雜交組合。(2) 品種混雜：其遺傳組成為高度同質化的植株，便可知該植株曾歷經多世代自交純化的過程。因在良種繁殖制度運轉之下，種子年年由育成場所計畫性更新倍增，排除契約農戶自行留種，雜交後裔可隨繁殖制度推進世代數並不多，恰獲得完全偏向特定親本之雜交後裔的機率極低。該類異型株僅需藉由已知品種之基礎資料，進行遺傳組成之分群分析，並在不跨越所有已知品種間之遺傳距離為門檻值下 (Cooke *et al.* 2003)，尋求最高遺傳相似性之已知品種，便能區分該株是否為原生品種或混雜品種，若為混雜品種也可推論混雜來源。(3) 未知品種：即遺傳組成為高度同質化但與任何已知資訊均不符合，此類為非現行良質米推薦品種，大都屬於過去曾大量種植之地方品種 (如：新竹矮腳尖)，或少數農民偏好品種 (如：台秈 2 號)。對於非屬良質米推薦品種者，而未納入良種繁殖制度內，僅只有零星散佈的栽培面積，仍不影響目標良質米品種的鑑別力。

然在栽培品種天然雜交上，可見於台稉 14 號原種田異型株 O16-3 與 18-2 是來自台稉 14 號 × 桃園 1 號，台稉 14 號與桃園 1 號均屬桃園區農業改良場負責維持其原原種生產，而高雄 145 號原種異型株 O4-2 的遺傳組成係屬台秈 2 號雜交後裔，然台秈 2 號是高雄區農業改良場改良台中秈 10 號為抗水稻白葉枯病所育成的品種，都可以發現天然雜交後裔均具有地緣性，顯示育成單位兼顧新品種育成與良質米推薦品種的原原種生產，試驗田內眾多品系 (品種) 並存，保護行隔離設置需更加嚴謹。而採種田上所存異型株之雜交後裔，更可發現花粉污染的來源已擴增為相鄰種植的品種，如台稉 14 號採種異型株 (O21-3) 已檢出台中秈 10 號與台稉 14 號雜交組合，更加佐證各級繁殖圃上保護行設置需嚴格執行，才能降低外來花粉污染。

另不論是否良質米品種為混雜品種，本試驗共檢出 11 件品種混雜；然機械混雜或育苗土內殘留穀粒所造成的品種混雜時有所聞，為了降低該類型混雜因子的影響，應確實進行田間去偽去雜作業，在抽穗期至收穫前是植株農藝性狀表現最為完整的生育時期，在此時期進行異型株的拔除，可讓篩選效果達到最佳；雖株高、稻穀芒長或成熟期等數量性狀，易因品種、生育階段及栽培管理等不同條件而影響判斷，然實務上，在一塊遺傳組成均質性高的田區中，理應抽穗期、穀粒外觀、株高等會高度均一，為降低異品種混雜與異型株發生率，因此若檢出性狀明顯差異的植株，便須在收穫前拔除。

在田間異型株中依遺傳分析結果對照外觀性狀，發現若特異性狀僅只有株高差異者

(>10 cm)，其遺傳組成往往與基礎資料無異，株高是屬於數量性狀，易受環境因子影響，若在田間檢查時僅以單穗株高異常作為異型株的依據，往往會造成誤判，應至少是整個稻叢或多穗均較一般植株高者，整叢者可顯示某一單株初期營養生長旺盛、分櫱多，大部份分櫱株高較高，競爭光合作用強，而若僅是單穗較高可能是由於環境因子造成。然株高異常者也暗示著該品種遺傳均一性較低，若僅針對高株進行淘汰選拔，因株高易受栽培管理等外在環境影響，連續在同一地區進行去偽去雜，在環境與基因交感效應抑制下，殘存的異質性仍無法剔除，選拔效果有限，往往呈現株高異常者其遺傳組成卻與對照樣品無異，該品種理應進行單株純化，提高族群的均質性，才是徹底增加品種均一性的方法。

然品種內的變異性，可能來自於花粉污染、種子混雜、突變、基因與環境的交感作用等而造成不同程度的異質性；高程度的異質性，通常歸因於親本品種 (品系) 的非同質性、或是不同品種種子曾發生混雜；而低程度的異質性，則可能源自於殘留的異質結合體、花粉異交 (Röder *et al.* 2002; Cooke *et al.* 2003; Kwon *et al.* 2005; Kumar *et al.* 2007)。而本試驗異型株遺傳分析，顯見大部分田間異型株主要係因天然雜交、品種混雜或品種內均一性不足所致。Heckenberger *et al.* (2002) 提出，若是具有品種內變異性，則在取樣來源不同，或是取樣數量不足的情況下，分子標誌檢測的結果可能就有所不同。因此，雖然屬於同一個品種，樣品間就存在著不同程度的遺傳距離。若是品種內變異性程度較高，那麼樣品間遺傳距離的變異程度即會隨之增加。如此該品種的實質衍生品系，就有可能因為品種本身變異性的問題，被檢定為與該品種完全不相關的品系。這時原品種的育種者，就會因為品種本身的均一性不足，喪失對於實質衍生品系的植物育種家權利。由於分子標誌在未來，可能會應用於相關的品種檢測上，因此對於品種內的變異性程度，應該更加正視其重要性 (Pervaiz *et al.* 2010)。

品種內變異程度較高的品種，除了可能損失對實質衍生品系的植物育種家權利外，尚有其他的疑慮存在。例如在品種的維持上，由於保存較少量的樣品，這時候也許就會因為取樣的問題，造成所保存的品種樣品，與原本的品種有差異性存在。更嚴重時，甚至會偏離了品種的本質，最後對於品種的原貌無從得知。往後的育種家，若是以此作為親本育種材料，就會出現難以想像的後果。在進行種子繁殖階段時，也可能在收穫種子的作業程序中，因為取樣效應，使得品種內變異性的發展程度難以預測。所以 Heckenberger *et al.* (2002) 與 Patra & Chawla (2010) 均提出，在申請植物育種家權利之前，應該盡量增加新品系內的均一性程度，以避免因為變異性過高而衍生的種種問題。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會農糧署經費 94 農科-1.3.1-糧-Z1 與 95 農科-1.3.1-糧-Z1 科技計畫補助，行政院農業委員會農糧署種子檢查室提供部分試驗材料，謹此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Bautista, N. S., D. Vaughan, A. H. M. Jayasuriya, A. S. U. Liyanage, A. Kaga, and N. Tomooka. 2006. Genetic diversity in AA and CC genome *Oryza* species in southern South Asia. Genet. Resour. Crop Evol. 53:631–640.

Blair, M. W., V. Hedetale, and S. R. McCouch. 2002. Fluorescent-labeled microsatellite panels useful for detecting allelic diversity in cultivated rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 105:449–457.

Chakravarthi, B. K. and R. Naravaneni. 2006. SSR marker based DNA fingerprinting and diversity study in rice (*Oryza sativa*. L). Afr. J. Biotech. 5:684–688.

Coburn, J. R., S. V. Temnykh, E. M. Paul, and S. R. McCouch. 2002. Design and application of micro-satellite marker panels for semiautomated

genotyping of rice (*Oryza sativa* L.). Crop Sci. 42:2092–2099.

Cooke, R. J., G. M. N. Bredemeijer, M. W. Ganal, R. Peeters, P. Isaac, S. Rendell, J. Jackson, M. S. Röder, V. Korzun, K. Wendehake, T. Areshchenkova, M. Dijcks, D. Laborie, L. Bertrand, and B. Vosman. 2003. Assessment of the uniformity of wheat and tomato varieties at DNA microsatellite loci. Euphytica 132:331–341.

Garland, S. H., L. Lewin, M. Abedinia, R. Henry, and A. Blakeney. 1999. The use of microsatellite polymorphisms for the identification of Australian breeding lines of rice (*Oryza sativa* L.). Euphytica 108:53–63.

Heckenberger, M., M. Bohn, J. S. Ziegle, L. K. Joe, J. D. Hauser, M. Hutton, and A. E. Melchinger. 2002. Variation of DNA fingerprints among accessions within maize inbred lines and implications for identification of essentially derived varieties I. Genetic and technical sources of variation in SSR data. Mol. Breed 10:181–191.

Heckenberger, M., M. Bohn, D. Klein, and A. E. Melchinger. 2005. Identification of essentially derived varieties obtained from biparental crosses of homozygous lines:II. Morphological distances and heterosis in comparison with simple sequence repeat and amplified fragment length polymerphism data in maize. Crop Sci. 45:1132–1140.

Hsieh, L. Y., D. R. Wu, and K. K. Hwu. 2007. Variety identification among major Japonica rice cultivars of Taiwan based on simple sequence repeat markers. Seed Nursery 9:25–38. (in Chinese with English abstract)

Jain, S., R. K. Jain, and S. R. McCouch. 2004. Genetic analysis of Indian aromatic and quality rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using panels of fluorescently-labeled microsatellite markers. Theor. Appl. Genet. 109:965–977.

Kumar, M. B. A., R. J. Sherry, A. Varier, and M. Dadlani. 2007. Suitability of seed esterases for establishing distinctness, uniformity and stability of pearl millet genotypes. Curr. Sci. 93:951–956.

Kwon, Y. S., J. M. Lee, G. B. Yi, S. I. Yi, K. M. Kim, E. H. Soh, K. M. Bae, E. K. Park, I. H. Song, and B. D. Kim. 2005. Use of SSR markers to complement tests of distinctiveness, uniformity, and stability (DUS) of pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Mol. Cells 19:428–435.

Nagy, E., T. Spitko, and L. C. Marton. 2009. Applicability of biochemical and genetic markers in the polymorphism analysis of maize lines. Cereal Res. Commun. 37:373–381.

Nei, M., F. Tajima, and Y. Tateno. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data II. Gene frequency data. J. Mol. Evol. 19:153–170.

Patra, N. and H. S. Chawla. 2010. Biochemical and RAPD molecular markers for establishing distinctiveness of basmati rice (*Oryza sativa* L.) varieties as additional descriptors for plant variety protection. Indian J. Biotech. 9:371–377.

Pervaiz, Z. H., M. A. Rabbani, I. Khaliq, S. R. Pearce, and S. A. Malik. 2010. Genetic diversity associated with agronomic traits using microsatellite markers in Pakistani rice landraces. Electron. J. Biotech. 13:4–5.

Röder, M. S., K. Wendehake, V. Korzun, G. M. N. Bredemeijer, D. Laborie, L. Bertrand, P. Isaac, S. Rendell, J. Jackson, R. J. Cooke, B. Vosman, and M. W. Ganal. 2002. Construction and analysis of a microsatellite-based database of European wheat varieties. Theor. Appl. Genet. 106:67–73.

Shishido, R., M. Kikuchi, K. Nomura, and H. Ikehashi. 2006. Evaluation of genetic diversity of wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) in Myanmar using simple sequence repeats (SSRs). Genet. Resour. Crop Evol. 53:179–186.

Singh, R. K., R. K. Sharma, A. K. Singh, V. P. Singh, N. K. Singh, S. P. Tiwari, and T. Mohapatra. 2004. Suitability of mapped sequence tagged microsatellite site markers for establishing distinctness, uniformity and stability in aromatic rice. Euphytica 135:135–143.

UPOV. 1996. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability:Wheat, Document TG/3/11. The International Union for the Protection of New Varieties of Plants. Geneva. 55 pp.

Wu, D. H. and K. K. Hwu. 2010. Rice genetic variation under the three-step propagation system. Taiwan J. Agric. Res. 59:275–288. (in Chinese with English abstract)

Zimmermann, A., J. Lüthy, and U. Pauli. 1998. Quantitative and qualitative evaluation of nine different extraction methods for nucleic acids on soya bean food samples. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 207:81–90.

Genetic Analysis of Off-Type Plants of Rice in the Three-Step Propagation Nursery[1]

Dong-Hong Wu[2] and Kae-Kang Hwu[3,4]

Abstract

Wu, D. H. and K. K. Hwu. 2011. Genetic analysis of off-type plants of rice in the three-step propagation nursery. J. Taiwan Agric. Res. 60:197–210.

The objective of this study was to determine the genetic composition of 40 off-type plants of rice (*Oryza sativa*) from 29 sampling locations in the three-step propagation nursery. Twenty-three simple sequence repeat (SSR) markers capable of identifying the 22 superior rice varieties produced in Taiwan in 2004 and 2005 were used in this study. Foundation seeds from the second crop of 2004 were used to establish standard genetic profile of the 22 rice varieties. Results of allelic composition analyses showed that, among the 40 rice off-type plants tested, 8 cases were identical to the standard genotype profile, 8 cases were other genotypes within variety, 6 cases were variety mixture, 13 cases were hybrid progeny and 5 cases were unknown variety. These results suggest that the off-type plants of rice were mostly originated from natural hybridization, mixture of varieties and low genetic uniformity within variety. In order to improve efficiency of the three-step propagation nursery for production of superior rice varieties with genetic purity, it is necessary to establish guard rows in the field to prevent outcrossing by foreign pollen, conduct one more generation for single plant selection during breeding programe and rogue out off-type plants and foreign variety from seed producing nurseries.

Key words: Rice, *Oryza sativa*, Three-step propagation nursery, Off-type plant, Simple sequence repeat.

---

1. Contribution No. 2554 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 31, 2011.
2. Assistant Researcher, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Associate Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, khwu@ntu.edu.tw, Fax: (02) 23620879.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(3):211–220 (2011)

荔枝園潛熱及二氧化碳通量之研究[1]

姚銘輝[2,3] 陳俊仁[2] 黃國祥[2]

摘　　要

姚銘輝、陳俊仁、黃國祥。2011。荔枝園潛熱及二氧化碳通量之研究。台灣農業研究 60:211–220。

本研究利用通量量測技術解決大面積監測果樹生理反應的限制，量測二氧化碳通量以瞭解荔枝 (*Litchi chinensis*) 果園植冠固碳能力，潛熱通量測值則代表果園實際蒸發散量。結果顯示，果園二氧化碳通量與太陽輻射量有直接關係 (r = 0.87)，並且與夜間溫度相關性亦高 (r = 0.71)。潛熱則與以氣溫及相對濕度所計算之水汽壓差相關係數最高 (r = 0.70)，至於常用於果園之水份監測指標，包括土壤水分含量、莖幹汁液流速、葉片蒸散量及氣溫-葉溫差值，與潛熱通量相關性並不高。因此，水汽壓差資料可做為荔枝果園水份管理之指標。

關鍵詞：荔枝、潛熱、二氧化碳通量、能量平衡、蒸發散。

前　　言

作物生長監測利用生理量測儀器僅能作單葉及定點量測，缺少長期且連續性監測功能，也無法提供大面積及夜間呼吸作用變化的監測，監測技術上的瓶頸限制一些議題的探討。氣象中所謂通量 (flux) 是利用具有高頻度偵測反應之儀器，配合電腦快速運算及儲存，所得之能量項瞬間值以共變異數 (covariance) 計算通量值 (Swinbank 1951)。雖然通量以輻射量、可感熱、水汽及二氧化碳等量測目標，但這些氣象通量測值也是作物生長監測的實際測值，通量系統已可將氣象變化及作物生理反應間作一結合，可應用於大面積農田之蒸發散量測 (Zhang *et al.* 2007)，潛熱或可感熱的傳送 (Ortega-Farias *et al.* 2006) 及二氧化碳吸存量評估 (Yao and chen 2005; Amiro 2010) 等議題的研究。

微氣候的能量機制無法僅由氣象資料說明，必須量測瞬間渦流的變化才能對能量產生、傳送及轉換有所瞭解，這些通量包括長、短波輻射，可感熱 (sensible heat)、潛熱 (latent heat) 及向土壤傳導的能量。通量間可相互轉換，例如來自太陽的短波輻射為作物植冠 (canopy) 所吸收，同時土面及葉表也以可感熱及潛熱的能量方式向大氣傳送，這些轉換過程受表面特性影響，如植生、地形、土壤水分含量等影響，雖然農田耕作管理隨大氣環境及作物生長狀態而不同，但仍依循能量平衡的基本學理，而藉由通量的量測，則更能瞭解近地面微氣象的變化。

作物栽培環境能量的平衡可由下式說明：

$R_n = H + LE + G + Q$

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2550 號。接受日期：100 年 8 月 30 日。
2. 本所農工組副研究員、聘用人員、助理研究員。台灣 台中市 霧峰區。
3. 通訊作者，電子郵件：mhyao@ tari.gov.tw；傳真機：(04)23317709。

R_n：植冠上方之淨輻射 (net radiation) 通量密度；H：可感熱通量密度；LE：潛熱通量密度；G：向土壤之傳導熱；Q：作物熱能儲存

其中 Q 項佔所有熱量的比例甚微，可予以忽略 (Tanner 1960)。

我國對於果園微氣象研究甚少 (Chang *et al.* 1996; Tang & Chang 2010)，更缺乏長期及具有整個果園尺度之研究。荔枝 (*Litchi chinensis*) 是我國重要果樹，目前栽培面積約 12000 ha，分布在中部以南及東部地區，產期雖只有 2 個月 (中部地區為 5 月中旬至 6 月下旬)，但果實成熟期可避免颱風侵襲，是值得推廣種植之果樹。本研究探討荔枝果園不同生育階段之能量項變化，土壤水分-樹體-空氣之水份平衡及蒸發散量，荔枝葉片二氧化碳吸存與氣象因素間之關係為研究重點，希望藉由長期通量量測及分析結果，瞭解果園微氣象與作物生育之關係，有助於未來果園管理之參考。

材料與方法

田間作物栽培

觀測地點位於彰化縣芬園鄉之 120 m × 100 m 荔枝果園區，品種為黑葉及玉荷包，樹齡約 20 年，整個果園植冠 (canopy) 高度約 2 m，行株距約 2–3 m，栽培管理依一般慣行方式。在每年採收後 (約 7 月中旬) 進行強剪枝，植株高度降至 1.5 m，果園植冠覆蓋面積約 60%，至 11 月下旬至 12 月上旬間，整個果園植冠覆蓋面積約 90%，一直維持至隔年採收期。

通量量測系統的建立及儀器配置

通量系統架設於果園中央位置，偵測儀器包括：三維音波風速計 (three dimensional sonic anemometer)：Young 81000 (R.M.Young Company, MI, USA)，輸出速度為 4-32 Hz。開放式二氧化碳/水汽分析儀 (open path CO_2/H_2O analyzer)：LICOR-7500 (LI-COR, Inc., NE, USA)，最高反應頻率為 20 Hz。細熱電偶線 (fine wire thermocouple)：線徑 12.7 μm，反應頻率大於 30 Hz。土壤濕度計 (soil moisture probe)：CS616 (Campbell Scientific, Inc., UT, USA)。土溫計 (soil temperature sensor)：107-L (Campbell Scientific, Inc., UT, USA)，埋設深度 10 cm。淨輻射計 (net radiometer)：REBS Q7.1 (Campbell Scientific, Inc., UT, USA)。土壤熱流板 (heat flux plate)：HFT3 (Campbell Scientific, Inc., UT, USA)，埋設深度 5 cm。

所有感測器連接於 Campbell CR1000 資料蒐集器，系統程式依 Campbell 公司所提供加以修改，資料取樣頻率為 10 Hz，每 10 分鐘儲存一次資料。程式中有關通量計算方式，CO_2 通量、潛熱 (latent heat) 及可感熱 (sensible heat) 通量依據 Yao *et al.* (2003) 所列之公式計算。樹體汁液流速 (sap flow) (SF-8, SolFranc Tecnologids, S.L. Spain) 屬穿刺性量測方法，置於直徑約 4 cm 之枝條，用於探討樹體蒸散流 (transpiration flow) 之用；紅外線溫度計 (SI-111, Campbell Scientific, Inc., UT, USA) 則置於樹體上方 30 cm 處，用於量測植冠溫度變化，上述兩項儀器同樣連接於 Campbell CR1000 資料蒐集器，每 10 分鐘紀錄一筆資料。

光合作用速率及蒸散速率量測：利用光合作用分析儀 (LICOR-6400) 量測荔枝黑葉品種葉片之光合作用速率、蒸散速率、氣孔導度及氣孔內腔二氧化碳濃度 (Ci) 之數值。本研究所選擇量測試區，包括黑葉及玉荷包兩品種，但黑葉種植面積約佔 70%，因此，單株量測試驗以黑葉品種為主。

資料分析方法

本研究是以農田通量資料作為計算基準，農田能量平衡之指標是以向上及向下能量的比值，一般稱為閉合比 (closure ratio)，其計算方式為 (可感熱 + 潛熱)/(淨輻射 + 土壤熱流)，四種能量項之單位同為 W m^{-2}。水蒸氣壓差 (VPD) 計算則由氣溫 (T) 估算飽和水蒸氣壓

(e_s)，其公式為 $e_s = 0.618\ \exp\ [(17.27 \times T)/(T + 237.3)]$，實際水蒸氣壓 ($e_a$) 則由飽和水蒸氣壓和相對溼度的乘值，$e_a = e_s \times (RH)/100$，水蒸氣壓差則為飽和水蒸氣壓 ($e_s$) 扣減實際水蒸氣壓 ($e_a$)，$VPD = e_s - e_a$，單位為 kPa。

結　果

作物生長的能量來自於太陽輻射，除提供熱源外，太陽光波譜中可視光部分提供葉片行光合作用的能量，但以整個農田或果園而言，太陽光提供短波輻射，除部份為作物吸收外，部分以長波輻射方式反射回大氣中。淨輻射即表示實際在地表的能量淨值，而這些能量部分向土壤傳送，使土壤溫度增高，但絕大部分以潛熱及可感熱兩種型態向上傳送。圖 1 為荔枝園四種能量項之日變化，白天之淨輻射量隨太陽光照射地表強度而增減，土壤熱傳導所占極少，向上能量傳送以可感熱方式較潛熱高，主要是果園屬旱田，土壤水分較少所致。圖 2 為分析荔枝園開花期至成熟期期間之能量平衡狀態，因此期間整個果園植冠覆蓋率變化不大，維持在 90%，同時，由 11 月至隔年 6 月間也是低溫至高溫期，整個果園之閉合比值為 1.18。

通量系統架設於荔枝植株上方約 1 m 處，所量測資料代表果園上方的變化，包括大氣-植株-土壤的相互關係，荔枝於日間葉片行光合作用，光強度與二氧化碳通量的關係密切，相關係數可達 0.87 (圖 3)。至於溫度對於二氧化碳通量的影響，由於通量可作日夜連續性偵測，因此分別比較日溫及夜溫對二氧化碳通量的影響，由圖 4 得知夜溫 (r = 0.71) 與日溫 (r = 0.44) 相比有較高的正相關性。而二氧化碳通量與潛熱通量將因氣孔開啟，葉片同時吸收二氧化碳及進行蒸散作用，兩者通量的相關係數為 0.74 (圖 5)，但由於潛熱數值所代表不僅蒸散作用，尚包括土壤水分之蒸發作用，此和土壤水分狀態有關。

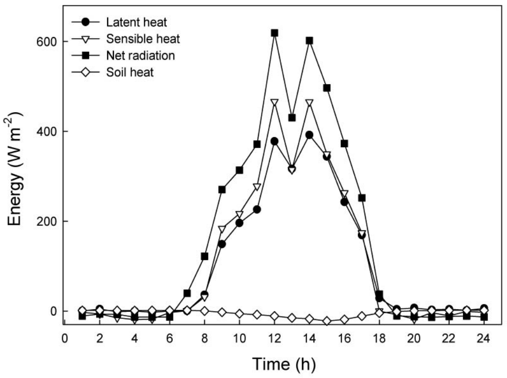

圖 1. 荔枝園能量項 (潛熱、可感熱、淨輻射及土壤熱流通量) 之日變化。

Fig. 1. Diural change of energy balance components (latent heat, sensible heat, net radiation and soil heat flux) in litchi orchards of Fenyuan in the calendar day 124, 2009.

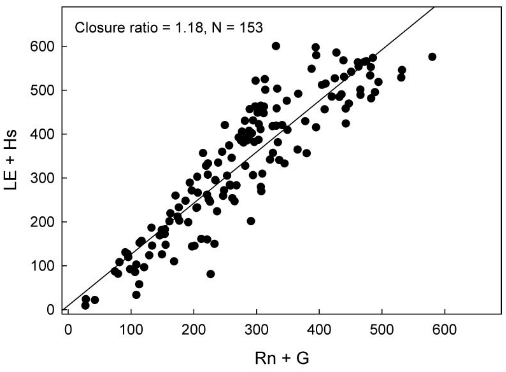

圖 2. 荔枝園每日平均潛熱及可感熱對淨輻射及土壤熱流之比值。

Fig 2. The daily average of turbulent flux for latent heat and sensible heat versus net radiation and soil heat flux in a litchi orchard observed during calendar day 10–162, 2009.

水份管理是果園經營重要工作，土壤水分狀態影響樹體水分的吸收、傳送及蒸散。當樹體葉片向大氣排出水份以維持葉片溫度的穩定，蒸散流 (transpiration flow) 由土壤根圈-根部-莖幹-葉片-大氣而行成一種拉力，除水分傳

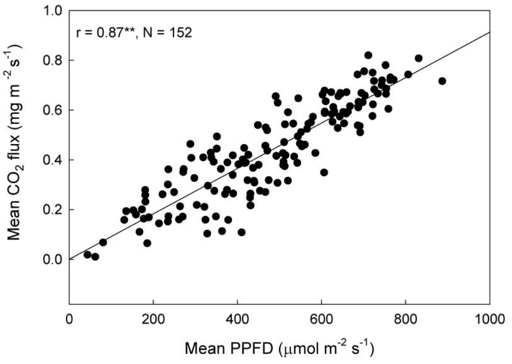

圖 3. 荔枝園二氧化碳通量與光合作用光量子通量密度之相關性。

Fig. 3. Linear relationships between daily averaged CO_2 flux and PPFD (photosynthetic photon flux density) in litchi orchard of Fenyuan during the time period of 10 am to 3 pm local standard time.

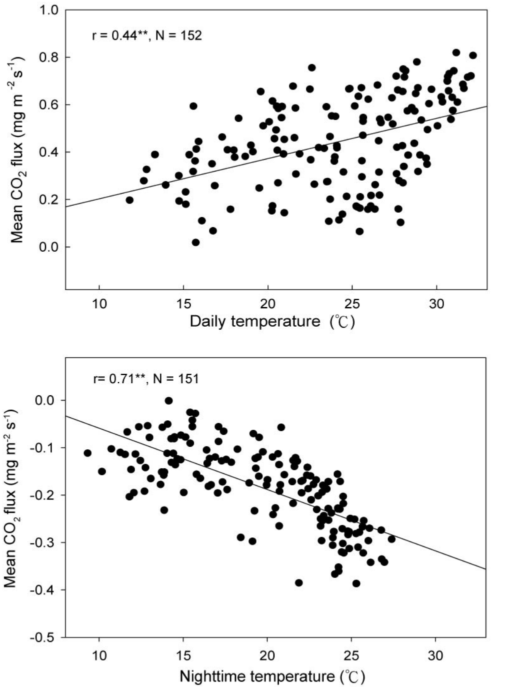

圖 4. 荔枝園二氧化碳通量與日溫及夜溫之相關性。

Fig. 4. Linear relationships between daily averaged CO_2 flux and day temperature (6 am to 6 pm) and night temperature (6 pm to 5:50 am) for litchi orchard.

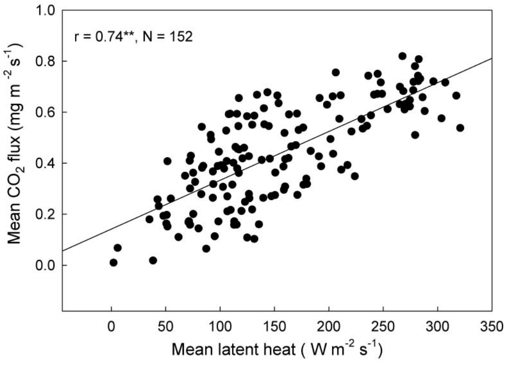

圖 5. 荔枝園二氧化碳通量與潛熱通量之相關性。

Fig. 5. Linear relationships between daily averaged CO_2 flux and latent heat flux in a litchi orchard in the time period between 10 am and 3 pm local standard time.

輸外，也帶動根圈營養元素的吸收，此傳送機制對於樹體生長及管理極為重要。蒸散流可用汁液流速 (sapflow) 量測，量測原理為利用三個不同位置之感溫刺針，由溫差計算汁液的流速。圖 6 為不同土壤水分狀態下之汁液流速日變化，土壤水分在田間較難如實驗室作精細控制，潮濕狀態 (土壤水分含量為 16%, 指降雨過後之土壤，相對乾旱狀態 (11%) 是在夏季約一個月未下雨及未灌溉之果園土壤，土壤龜裂及色澤呈白色。由荔枝果樹之汁液流速日變化，葉片受光後開始進行蒸散作用，上午 8 時根部往葉片輸送之水分即達穩定，至 16 時迅速下降，兩種不同土壤水分下之變化型態相近，但乾旱因受限於土壤水分供應而使流速偏低，同時夜間流速為負值，表示地上部水分往根部傳送。

葉片氣孔開閉影響二氧化碳吸收及水分蒸散，本研究以黑葉荔枝為材料，在田間依據不同溫度及光強度條件下量測葉片生理狀態，共計 320 筆資料，經分析後如表 1，氣孔開閉和光強度及葉溫相關性不顯著，但和葉片蒸散速率、光合作用及內腔二氧化碳濃度則有顯著正

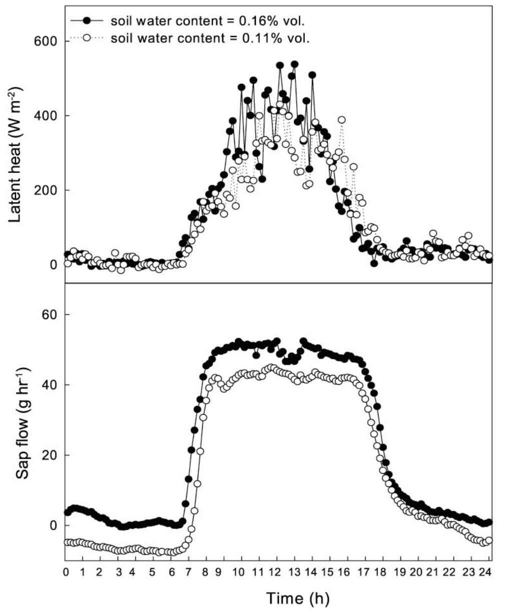

圖 6. 荔枝園不同土壤水份含量下之潛熱通量及樹體汁液流速之日變化。

Fig. 6. Diurnal changes of latent heat and sap flow in a litchi orchard of Fenyuan during the calendar day 238 (soil water content = 0.16% vol.) and 267 (soil water content = 0.11% vol.), 2009.

表 1. 光合作用光量子通量密度與荔枝葉片生理參數之相關係數

Table 1. Correlation coefficients between the photosynthetic photon flux density and physiological parameters of litchi leaves

Physiological parameter [z]	EVAP	GS	PN	C Int	T_{Leaf} [y]
PPFD	0.72**	-0.01	0.53**	-0.40**	0.82**
EVAP		0.48**	0.40**	0.06	0.79**
GS			0.26*	0.47**	-0.01
PN				-0.59**	0.33*
C Int					-0.24*

[z] Physiological parameters, PPFD: photosynthetic photon flux density (μmol m^{-2} s^{-1}); EVAP: transpiration (mmol m^{-2} s^{-1}); GS: stomatal conductance (mmol m^{-2} s^{-1}); PN: photosynthesis rate (μmol CO_2 m^{-2} s^{-1}); and C int: sub-stomatal CO_2 concentration (ppm).

[y] T_{Leaf}: Leaf temperature (℃).

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively. N: 320.

相關，葉片蒸散作用及光合作用與光強度及葉溫皆有顯著正相關性，其中蒸散作用之相關性較顯著 (大於 0.7 以上)。

潛熱係指果樹植冠上方垂直向上的水汽量，包括土壤蒸發及葉片蒸散，而這測值受許多氣象因素或樹體本身狀態的影響，由表 2 以整年日平均值資料分析的結果，潛熱除和植冠-空氣溫度差相關性不高外，和氣象因素之氣溫、相對濕度及水蒸氣壓皆為顯著正相關性。汁液流速則和氣溫相關係數達 0.66，其次是相對濕度及光強度。水汽壓差是溫度及相對濕度的函數，因此，與兩者相關係數高達 0.95 以上，但也和水分傳輸之因素有密切關係，如光強度、葉溫及汁液流速，而和潛熱的相關係數約為 0.70。植冠-空氣溫度差除植冠溫度本身具有相關外，其餘皆不顯著。

討　　論

果園過去屬於較粗放式的耕作，但在價格誘因下，逐漸重視氣象因素與果樹生理的關係，透過一些管理技術，如環刻、淹水、肥料控制、摘心及去根等不同方法，以避免隔年結果或落果等現象，已發展成精緻化栽培方式。但果樹生理反應與氣象環境息息相關，尤其是以整個園區為尺度，作綜觀性探討才有助於管理措施的進行。在整年資料中，荔枝園土壤水分含量約在 16–11%之間，屬旱田環境，果園試區內能量以可感熱為太陽輻射能量消散主要形式。不同土壤水分狀態，可感熱與潛熱的比值不同，水稻田 (湛水狀態)能量消散則以潛熱為主 (Yao *et al,* 2009)。Wu & Lee (2004) 認為水稻田對氣候具有冷卻的功能，即是向上能量項以潛熱為主所致。至於果園則和水稻田有不同的能量平衡方式，向上能量傳遞以可感熱明顯高於潛熱之外，雖然水旱田以不同方式傳遞向上能量，但大體上，能量是可達到平衡。Yao *et al.* (2003) 分析台中地區一期作水稻之閉合比值

表 2. 荔枝園潛熱通量與微氣象及樹冠生理參數間之相關係數

Table 2. Correlation coefficients among the latent heat flux, micrometeorological data and canopy physiological parameters in a litchi orchard of Fenyuan

physiological parameter [z]	RH	Temp-a	PPFD	sapflow	Temp-c	△T	VPD [y]
LE [z]	-0.66**	0.71**	0.82**	0.41**	0.43**	-0.22*	0.69**
RH		-0.91**	-0.71**	-0.56**	-0.67	0.14	-0.98**
Temp-a			0.80**	0.66**	0.73**	-0.15	0.95**
PPFD				0.47**	0.48**	-0.28**	0.77**
Sapflow					0.82**	0.39**	0.60**
Temp-c						0.56**	0.72**
△T							-0.10

[z] LE: latent heat (W m^{-2}); RH: relative humidity (%); Temp-a: air temperature (℃); PPFD: photosynthetic photon flux density(μmol m^{-2} s^{-1}); Sapflow: sapflow velocity (g hr^{-1}); Temp-c: canopy temperature (℃); and △T: canopy-air temperature (℃).
[y] VPD: vapour pressure deficit (kPa).
*, ** Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively. N: 377.

為 0.85，而果樹較農藝作物在土地覆蓋程度不均一，同時管理也較粗放，Daamen *et al.* (1999) 分析檸檬果園之閉合比值在 0.91 至 1.16 之間。本研究選定 11 月至隔年 6 月共計 152 日可用資料，主要是植冠覆蓋變動不大，而所測得閉合比值為 1.18。Kizer & Elliott (1991) 認為農田閉合比值可容許範圍為 0.7–1.3 之間。

作物在日間對於二氧化碳的吸收能力以受太陽輻射量影響為主，依據本研究荔枝園之光強度與二氧化碳通量之相關係數達 0.87，但由其他研究結果，所量測輻射量與 CO_2 吸收率的相關性更高，可達 0.9 以上 (Stewart *et al.* 2003)。事實上，這和量測尺度及方法有關，通量量測系統是量測大面積農田之通量變化，反應田間實際變化量，CO_2 通量值所代表除葉片固碳量及光呼吸量外，尚包括土壤呼吸量；而葉片固碳量除受光 (sunlit) 葉片外，植冠立體結構內不同遮陰程度葉片也影響整體果園固碳量，因此，輻射量和 CO_2 通量之相關性不如以單葉或單株為尺度的量測結果，但卻能反應實際田區的變化。太陽輻射量對於作物二氧化碳吸收影響仍為最重要的因素，因乾物重累積和截取輻射量也呈線性關係 (Chen *et al.* 2009)，另 Jong *et al.* (1982) 指出夏威夷玉米穀粒產量可由輻射量變化解釋 78.5%產量的差異。

過去研究文獻中，夜間呼吸作用方面的研究明顯少於光合作用，主要原因為測定困難，因此，在預測碳素平衡過程中，必須採用充滿不確定的呼吸作用估算值 (Högberg *et al.* 2001)。利用通量系統量測農田二氧化碳通量，可直接且長期監測開放環境下二氧化碳吸存量的動態變化，包括作物在日間對二氧化碳吸收淨值，及夜間農田二氧化碳排放量之量測。圖 4 比較日溫與夜溫與二氧化碳通量間之關係，顯然夜溫較日溫密切，主要原因為夜間只有樹體及土壤之呼吸作用，日間除呼吸作用外，尚有葉片光合作用之固碳作用，而固碳作用又直接受太陽輻射及其他氣象因素影響，因此與日間溫度之相關性較低。事實上，夜間呼吸量對作物影響逐漸受到重視，有文獻指出，氣候變遷對作物生長影響主要因夜溫昇高，作物呼吸速率加速，而消耗作物日間所累積之碳水化合物所致 (Heinemann *et al.* 2006)。

當樹體水分缺乏時將影響光合作用，原因為氣孔關閉而減少水分散失及氣孔孔腔之二氧化碳通量 (Escalona *et al.* 2002)。水分狀態改變

是作物生理很敏感的指標，這結合土壤、樹體及氣候狀態，但在偵測上有些瓶頸，尤其是大面積農田 (或果園) 無法以單株反應作為管理決策依據，舉例來說，壓力箱 (pressure chamber) 診測土壤狀態是很好的方法，包括提供葉片及莖部之水份潛勢，但缺點在於無法連續及長期的監測。汁液流速量測是偵測果樹樹體蒸散流方法之一，同時為連續性紀錄，可供植物在不同環境變數下之缺水或需水之探討用，運用於包括葡萄 (Braun & Schmid 1999)、橄欖樹 (Williams *et al.* 2004) 及森林樹木 (Wilson *et al.* 2001) 等作物。但汁液流速和蒸散作用間會有時間差 (time lag)，由圖 6 可發現汁液流速和潛熱之日變化型態不同，潛熱受光強度及溫度影響呈單峰型，汁液流速則是平峰型，但如果以日平均資料統計則此誤差將消失，可反應實測之蒸散作用 (Patakas *et al.* 2005)。Nagler *et al.* (2007) 利用三角葉棉 (cottonwood) 發現汁液流速與蒸發散量有密切關係，而汁液流速在乾旱條件下明顯低於正常供水環境。本研究比較正常及乾旱環境下荔枝樹體汁液流速之差異，雖然莖幹水分傳輸形式相似，但乾旱時流速明顯較少，同時，夜間地上部水份往根部流動的現象 (流速為負值)，這在正常供水下無此現象，由此可知，乾旱情形下，樹體可透過汁液的流動作整株水分平衡的調節。

水汽壓差是飽合水汽和實際水汽之差值，在荔枝園周年量測資料中，和向上排放水汽之量測值，包括潛熱及汁液流速皆有高相關性，相關係數分別為 0.69 及 0.59。Patakas *et al.* (2005) 量測葡萄園缺水及蒸散作用之關係，當水分供應充足下，汁液流速和水汽壓差呈線性關係，但當缺水時，水汽壓差增加將使氣孔關閉及汁液流速減少，而氣孔關閉主因是在乾旱時過多水分散失及葉片水份潛勢 (water potential) 降至危險程度 (Tyree & Sperry 1988)。目前對於氣孔反應的生理機制並不完全瞭解，就葡萄生理研究結果，高水汽壓差狀態下，在葉片有較高量的離層酸 (abcisic acid)，而離層酸會提高氣孔對水汽壓差的敏感性 (Lovisolo *et al.* 2002)。本研究利用光合作用分析儀量測荔枝葉片之生理特性，雖然量測並非處於乾旱狀態，但由表一可知氣孔開度和蒸散作用及水汽壓差有密切關係，但和氣象因子 (光強度及葉溫) 相關性反而不高。此外，植冠-空氣溫度差被認為是水分逆境的指標 (Patel *et al.* 2001)，主要是當土壤水分受到限制，氣孔關閉將使蒸散冷卻 (transpiration cooling) 減少，所以有研究指出，蒸發散量和植冠溫度-空氣溫度之差值有關 (Saha *et al.* 1986)，本研究荔枝園整年水份供應正常下，植冠溫度-空氣溫度之差值除和植冠溫度及汁液流速相關性較高外，和其他量測項目無關 (表 2)。在實際果園中，土壤水分乾旱至葉片產生萎凋現象情形並不多，農民除會以灌溉方式補充降雨不足之外，同時本研究所選擇果園為 20 年以上之荔枝樹，根系深入土壤下層，發生極端乾旱情形甚少，而植冠溫度-空氣溫度主要是指葉片缺水使葉片組織失去溫度冷卻的作用，此時才與其他水分量測參數有關。Roberts & Rosier (1993) 指出氣孔導度對水汽壓差之反應是決定果樹灌水的重要指標，而這又受樹體生長及大氣環境的影響。Jarvis & McNaughton (1986) 引進無因次之 decoupling 係數 (Ω)，當 Ω→0 時，氣孔直接控制蒸散作用，兩者相關性極高；當 Ω→1 時，則蒸散作用增加受輻射量影響大，而較少受水汽壓差影響 (Wullschleger *et al.* 2000)。說明蒸發散量所受影響因子是複雜多變，不同田間狀態的影響關鍵指標不同，及所受影響程度也不同，需要有完整實測資料，尤其是具長期監測功能，才能對果園作有效水份管理，而由本研究結果也說明，在一般果園水份管理，光強度、溫度及水汽壓差皆是水分管理決策的參數，一些常用之水分監測指標(如植冠溫度-空氣溫度差)，在

一般果園與蒸發散量實測值 (潛熱) 反而相關性不高。

結 論

隨著科技進展而不斷的更新結果通量技術，已打破過去氣象量測在空間及時間上的限制，同時更能以長時間且精確的描述作物生長及監測農業環境。本研究量測荔枝果園整年之氣象及通量資料，探討果樹生理反應與氣象環境間的相互影響，果園二氧化碳通量與太陽輻射量有直接關係，而與夜間溫度相關性高，說明通量方式可解決夜間呼吸量之量測問題，長期收集資料可將呼吸作用模式化，有助於作物生長監測及氣候變遷衝擊影響之相關評估。果園水份管理是一項重要工作，本研究由土壤水分含量、莖幹蒸散流、葉片蒸散作用、植冠-空氣溫度差及潛熱偵測值作為水分散失之指標等，由整年量測數據配合氣象資料以分析參數間之關係，潛熱通量是大面積果園水份蒸發散之實測值，但實際運用時建置價格偏高，汁液流速雖可反應樹體根部水分吸收狀態，並且連續紀錄，但僅能代表單株 (或單枝) 的水份監測工具。雖然上述每一種監測技術有其優缺點，但本研究建立不同監測技術間之相關性，未來在實際果園水份管理上，可依據現地需求選擇適用之監測技術以反應果園之蒸發散量。

致 謝

本研究試驗期間感謝本所農業工程組技工簡文章先生之協助，特申謝意。

引用文獻 (Literature cited)

Amiro, B. 2010. Estimating annual carbon dioxide eddy fluxes using open-path analysers for cold forest sites. Agric. For. Meteorol. 150:1366–1372.

Braun, P. and J. Schmid. 1999. Sap flow measurement in grapevines (*Vitis vinifera* L.). 2. Granier measurement. Plant Soil 215:47–55.

Chang, J. W., H. M. Chang, C. N. Chao, and H. L. Wang. 1996. Investigates on the microclimate of mango orchard. Chinese J. Agromet. 3:151–157. (in Chinese with English Abstract)

Daamen, C. C., W. A. Dugas, P. T. Prendergast, M. J. Judd, and K. G. McNaughton. 1999. Energy flux measurement in a sheltered lemon orchard. Agric. For. Meteorol. 93:171–183.

Escalona, J., J. Flexas, and H. Medrano. 2002. Drought effects on water flow, photosynthesis and growth of potted grapevines. Vitis 41:57–62.

Heinemann A. B., H. N. Maia, D. N. Durval, K. T. Ingram, and H. Gerrit. 2006. Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] growth and development response to CO_2 enrichment under different temperature regimes. Eur. J. Agron. 24:52–61

Högberg, P., A. Nordgren, N. Buchmann, A. F. S. Taylor, A. Ekblad, M. N. Högberg, G. Nyberg, M. Ottosson-Löfvenius, and D. J. Read. 2001. Large-scale forest gridling shows that current photosynthesis drives soil respiration. Nature 411: 789–792.

Jarvis, P. G. and K. G. McNaughton. 1986. Stomatal control of transpiration:scaling up from leaf to region. Adv. Ecol. Res. 151:1–49.

Jong, S. K., J. L. Brewbaker, and C. H. Lee. 1982. Effects of solar radiation on the performance of maize in 41 successive monthly plantings in Hawaii. Crop Sci. 22:13–18.

Kizer M. A. and R. L. Elliott. 1991. Eddy correlation systems for measuring evapotranspiration. Trans. ASAE 34:387–392.

Lovisolo, C., W. Hartung, and A. Schubert. 2002. Whole-plant hydraulic conductance and root-to-shoot flow of abscisic acid are independently affected by water stress in grapevine. Funct. Plant Biol. 29:1349–1356.

Nagler, P., A. Jetton, J. Fleming, K. Didan, E. Glenn, J. Erker, K. Morino, J. Milliken, and S. Gloss. 2007. Evapotranspiration in a cottonwood (*Populus fremontii*) restoration plantation estimated by sap flow and remote sensing methods. Agric. For. Meteorol. 144:95–100.

Ortega-Farias, S. O., A. Olioso, S. Fuentes, and H. Valdes. 2006. Latent heat flux over a furrow-irrigated tomato crop using Penman-Monteith equation with a variable surface canopy resistance. Agric. Water Manage. 3:421–432.

Patakas, A., B. Noitsakis, and A. Chouzouri. 2005. Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. Agric. Ecosyst. Environ. 106:253–259.

Patel, N. R., A. N. Mehta, and A. M. Shekh. 2001. Canopy temperature and water stress quantification in rainfed pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. Agric. For. Meteorol. 109:223–232.

Roberts, J. M. and P. T. M. Rosier. 1993. Physiological studies in young *Eucaliptus* stand in southern India and derived estimates of forest transpiration. Agric. Water Manage. 23:103–118.

Saha, S. K., A. K. S. Gopalan, and D. S. Kamat. 1986. Relations between remotely sensed canopy temperature, crop water stress, vapour pressure deficit and evapotranspiration in chickpea. Agric. For. Meteorol. 38:17–26.

Chen, S., S. H. Chen, and M. H. Yao. 2009. Study of radiation use efficiency in rice. J. Agric. Assoc. Taiwan 10:86–101. (in Chinese with English abstract)

Stewart, D. W., C. Costa, L. M. Dwyer, D. L. Smith, R. I. Hamilton, and B. L. Ma. 2003. Canopy structure, light interception, and photosynthesis in maize. Agron. J. 95: 1465–1474.

Swinbank, W. C. 1951. The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere. J. Meteorol. 8:135–145.

Tang, C and Y. S. Chang. 2010. Estimate evapotranspiration by soil moisture depletion and heat budget for a sugar apple orchard at reclaimed land of Taitung area. J. Taiwan Agric. Eng. 56:35–43. (in Chinese with English abstract)

Tanner, C. B. 1960. Energy balance approach to evapotranspiration from crop. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24:1–9.

Tyree, M. T. and J. S. Sperry. 1988. Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dyefunction caused by dynamic water stress? Answers from a model. Plant Physiol. 16:879–882.

Williams, D. G., W. Cable, K. Hultine, J. C. B. Hoedjes, E. A. Yepez, V. Simonneaux, S. Er-Raki, G., Boulet, H. A. R. de Bruin, A. Chenbouni, O. K. Hartogensis, and F. Timouk. 2004. Evapotranspiration components determined by stable isotope, sap flow and eddy covariance techniques. Agric. For. Meteorol. 125:241–258.

Wilson, K. B., P. J. Hanson, P. J. Mulholland, D. D. Baldocchi, and S. D. Wullschleger. 2001. A comparison of methods for determining forest evapotranspiration and its components: sap-flow, soil water budget, eddy covariance and catchment water balance. Agric. For. Meteorol. 106:153–168.

Wu, F. C. and C. Y. Lee. 2004. Measurement and numerical simulation of paddy field ecoenvironment and microclimate. J. Chinese Agric. Eng. 50:64–84. (in Chinese with English abstract)

Wullschleger, S. D., K. B. Wilson, and P. J. Hanson. 2000. Environment control of whole-plant transpiration, canopy conductance and estimates of the decoupling coefficient for large red maple trees. Agric. For. Meteorol. 104:157–168.

Yao, M. H., J. C. Tsai, and L. S. Liang. 2003. Measurement of vertical profiles and fluctuations on agrometeorological factor within and above a rice canopy. J. Taiwan Agric. Res. 52:50–61. (in Chinese with English abstract)

Yao, M. H. and S. H. Chen. 2005. Studies on the absorption and emission of carbon dioxide in paddy field. J. Taiwan Agric. Res. 54:150–161. (in Chinese with English abstract)

Yao, M. H., S. H. Chen, and C. J. Liu. 2009. Relations of carbon dioxide and water vapour flux to meteorological factors in agricultural fields. Crop Environ. Bioinformatics. 6: 87–100. (in Chinese with English abstract)

Zhang, B. Z., S. Z. Kang, L. Zhang, T. S. Du, S. E. Li, and X. Y. Yang. 2007. Estimation of seasonal crop water consumption in a vineyard using Bowen ratio-energy balance method. Hydrol. Process. 21:3635–3641.

Latent Heat and CO_2 Flux Measurement in the Litchi Orchard[1]

Ming-Hwi Yao[2,3], Chun-Jen Chen[2], and Guo-Sheng Huang[2]

Abstract

Yao, M. H., C. J. Chen, and G. S. Huang. 2011. Latent heat and CO_2 flux measurement in the litchi orchard. J. Taiwan Agric. Res. 60:211–220.

This research was conducted in the orchards of litchi (*Litchi chinensis*) to solve the problem of monitoring physiological responses of fruit trees in large field areas using the technique of flux measurement. Carbon dioxide flux was used to evaluate the carbon fixation capacity in litchi canopy. The value of latent heat flux can represent the actual evapotranspiration of the litchi orchard. Results of long term monitoring data collected in the orchard showed that the carbon dioxide flux was highly correlated to the solar radiation ($r = 0.87$) and the night temperature ($r = 0.71$). The latent heat flux was highly correlated to the vapor pressure deficit which was calculated by measuring temperature and relative humidity ($r = 0.70$). However, there were no good relationships between the latent heat flux and the commonly used water monitoring indices such as soil water content, sap flow in stem, leaf transpiration and values of differences between canopy temperature and air temperatures. Therefore, this study suggests that the vapor pressure deficit is a good index for the water management in litchi orchards.

Key words: Litchi, *Litchi chinensis*, Latent heat, CO_2 flux, Energy balance, Evapotranspiration.

---

1. Contribution No. 2550 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 30, 2011.
2. Respectively, Associate Researcher, Assistance and Assistance Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: mhyao@tari.gov.tw; Fax: (04)23331673.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 60(4):221–238 (2011)

稉稻新品種台農 84 號之育成 [1]

陳隆澤[2,6] 廖大經[2] 黃守宏[3] 卓緯玄[4] 顏信沐[4] 羅正宗[5] 陳榮坤[5]

摘　要

陳隆澤、廖大經、黃守宏、卓緯玄、顏信沐、羅正宗、陳榮坤。2011。稉稻新品種台農 84 號之育成。台灣農業研究 60:221–238。

台農 84 號係行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所於 2002 年第 1 期作以台稉 2 號為母本與嘉農育 872065 號為父本進行雜交，後代歷經分離世代選拔、初、高級產量比較試驗、區域試驗、稻米品質分析、食味檢定、氮肥效應試驗、稻穀儲藏試驗及各項特性檢定後，由 F_5 系統中選出嘉農育 941002 號品系，於 2010 年 6 月 17 日經「行政院農業委員會農業試驗所植物品種命名審議委員會」審查通過，正式命名推廣。台農 84 號為短圓型稉稻品種，其米粒外觀良好，心白、腹白、背白均少，透明度佳，食味品質優良，稻穀產量高，穀粒略大，株型良好，耐倒伏性佳，穗上發芽率較低，脫粒性適中，適宜機械收穫；品種特性檢定結果顯示對於稻熱病、褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨等病蟲害具有抗性，但對於白葉枯病及紋枯病則不具抗性。本品種為中晚熟品種，全生育日數第 1 期作為 129 天，第 2 期作為 109 天；區域試驗平均稻穀產量第 1 期作為 6585 kg/ha，第 2 期作為 3440 kg/ha；但在 2010 年第 1 期作在雲嘉南地區試作，因栽培管理得宜，稻穀產量可達 10–12 t/ha。台農 84 號第 1 期作適宜全台各地區栽培，第 2 期作則較適於中南部地區種植。

關鍵詞：稉稻、台農 84 號、品種、育成。

前　言

近年來隨著經濟條件改善，人民生活結構改變及替代食品之增加，國人稻米消費量逐年減少，但稻米仍為大多數消費大眾之主食，我國於 2002 年加入世界貿易組織 (WTO)，開放稻米市場，為因應進口米之衝擊，並配合消費趨勢，水稻品種改良雖以米質為導向，但稻農對於提高產量及降低生產成本之需求仍不容忽視。因此，品質與產量兼具且對病蟲害等逆境具有抗 (耐) 性之新品種仍是當前水稻育種之主要目標之一。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2583 號。接受日期：100 年 9 月 6 日。
2. 本所嘉義農業試驗分所農藝系研究員、助理研究員。台灣　嘉義市。
3. 本所嘉義農業試驗分所植物保護系助理研究員。台灣　嘉義市。
4. 本所作物組助理研究員。台灣　台中市。
5. 台南區農業改良場嘉義分場分場長、助理研究員。台灣　嘉義縣。
6. 通訊作者，電子郵件：chenlgce@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2773630。

目前國內推廣之稉稻良質米品種有台稉 2 號等 13 個，雖然此等品種已廣為農民栽培，並為市場所接受，但仍有品質不穩定、對於病蟲害抵抗性不佳、容易倒伏及穗上發芽等缺點尚有待改進。因此為提高農民收益及食米衛生安全，減少環境污染與對逆境之忍受性，嘉義農業試驗分所於 2002 年第 1 期作以良質米品種台稉 2 號為母本與株型佳、耐倒伏且抗病蟲害之優良品系嘉農育 872065 號為父本進行雜交，期望育成米粒外觀良好、食味品質優良、稻穀產量高、耐倒伏性佳、穗上發芽率較低及對主要病蟲害較具抗 (耐) 性之優質水稻新品種，以迎合農民及消費者求新求變之需求。

材料與方法

親本材料

台農 84 號之母本為台南區農業改良場於 1989 年命名之台稉 2 號，為目前良質米推薦品種，並數次榮獲全國稻米品質競賽優勝，具有高產、米質優良及抗褐飛蝨等特性，惟其植株較高，及對稻熱病抵抗性不穩定等缺點；父本為嘉義農業試驗分所育成，具有米粒外觀良好、產量高、株型佳、耐倒伏及抗稻熱病和抗褐飛蝨之優良品系嘉農育 872065 號，惟其穀粒較小。

選育方法與過程

2002 年第 1 期作以良質米品種台稉 2 號為母本與嘉農育 872065 號為父本進行雜交，其親本譜系詳見圖 1。計獲得 20 粒 F_1 雜交種子，第 2 期作將 F_1 植株種植於網室內，2003 年第 1 期作繁殖並建立 F_2 世代集團約 2000 株，以譜系法進行培育及汰選，從中選出 40 單株進入 F_3 系統，F_3、F_4 及 F_5 世代行系統選拔，在 F_3 至 F_5 分離世代期間並行糙米外觀及抗病蟲篩檢，2004 年第 2 期作由本雜交組合的 19 個 F_5 系統中選出嘉農育 941002 號等 8 個品系進入初級產量比較試驗，經過兩期作之試驗，從中擇優選出嘉農育 941002 號晉級 2006 年高級產量比較試驗，並參與各項特性檢定，2007 年起參加稉稻區域試驗，以評估其在全國各地的稻穀產量、稻米品質及對生物與非生物抗性，2008 年進行氮肥效應試驗，2009 年進行稻穀儲藏試驗，2010 年第 1 期作申請登記命名，育種過程詳如表 1。

稻穀產量比較試驗

稻穀產量評估試驗於 2005 至 2006 年在嘉義農業試驗分所水稻試驗田進行 2 年 4 期作產量比較試驗，以台稉 9 號為對照品種；2005 年進行初級產量比較試驗 (preliminary yield trial)，第 1 期作田間採順序排列，單本植，5 行區，每行 20 株，行株距 30 cm × 15 cm，小區面積 4.5 m^2；第 2 期作為多本植，4 行區，每行 25 株，小區面積 4.5 m^2，兩重複。2006 年第 1、2 期作進行高級產量比較試驗 (advanced yield trial)，田間採逢機完全區集設計，4 重複，4 行區，每小區種植 100 株，行株距 30 cm × 15 cm，小區面積 4.5 m^2。試區的肥料施用量，氮素 120 kg/ha，施用硫酸銨及台肥複合肥料 39 號，以 1 次基肥、2 次追肥及穗肥分 4 次平均施用；磷酐施用量為 72 kg/ha，在基肥 1 次施用；氧化鉀施用量為 48 kg/ha，以基肥及穗肥施用；病蟲害防治及其他田間管理依一般慣行法實施。

區域試驗

區域試驗於 2007 及 2008 年在桃園縣新屋鄉、彰化縣大村鄉、嘉義縣鹿草鄉、屏東市、台東市及花蓮縣吉安鄉等 6 個地點進行。參試品系有 9 個，以台稉 9 號為對照品種，田間採逢機完全區集設計，4 重複，5 行區，每行 20 株，多本植，小區面積 4.5 m^2，行株距 30 cm × 15 cm。生育期間調查抽穗期、成熟期及成熟期之株高與穗數，並以小區為單位，逢機割取 3 株，以調查穗長、穗重、一穗粒數、稔實率與千粒重等性狀及小區稻穀產量，小區稻穀產量評

估係以穀粒水分含量 13%為基準。以 Finlay & Wilkinson (1963) 的公式進行稻穀產量穩定性分析，其迴歸模式如下：$Y_{ij} = a_i + b_i x_j + e_{ij}$ (i = 1, 2,…; j = 1, 2,…)，其中 Y_{ij} 表示第 i 個品種在第 j 個環境中的平均稻穀產量；a_i 表示第 i 個品種在所有環境中的平均稻穀產量；b_i 表示第 i 個品種對各種變化環境反應的迴歸係數；e_{ij} 表示在第 i 個品種在第 j 個環境的迴歸離差；x_j 表示第 j 個環境的環境效應，它等於 j 環境中所有品種的平均產量與總平均產量之差。

氮肥效應試驗

氮肥反應試驗於 2009 年在農業試驗所試驗農場 (台中市霧峰區) 進行，田區採裂區設計，氮肥施用等級為主區，品種 (系) 為副區，多本植，行株距 28 cm × 16 cm，小區面積 4.48 m^2，每小區栽種 100 株，3 重複。氮肥施用等級為 80、120、160 及 200 kg/ha，磷酐及氧化鉀的施用量分別為 60 kg/ha 及 72 kg/ha。

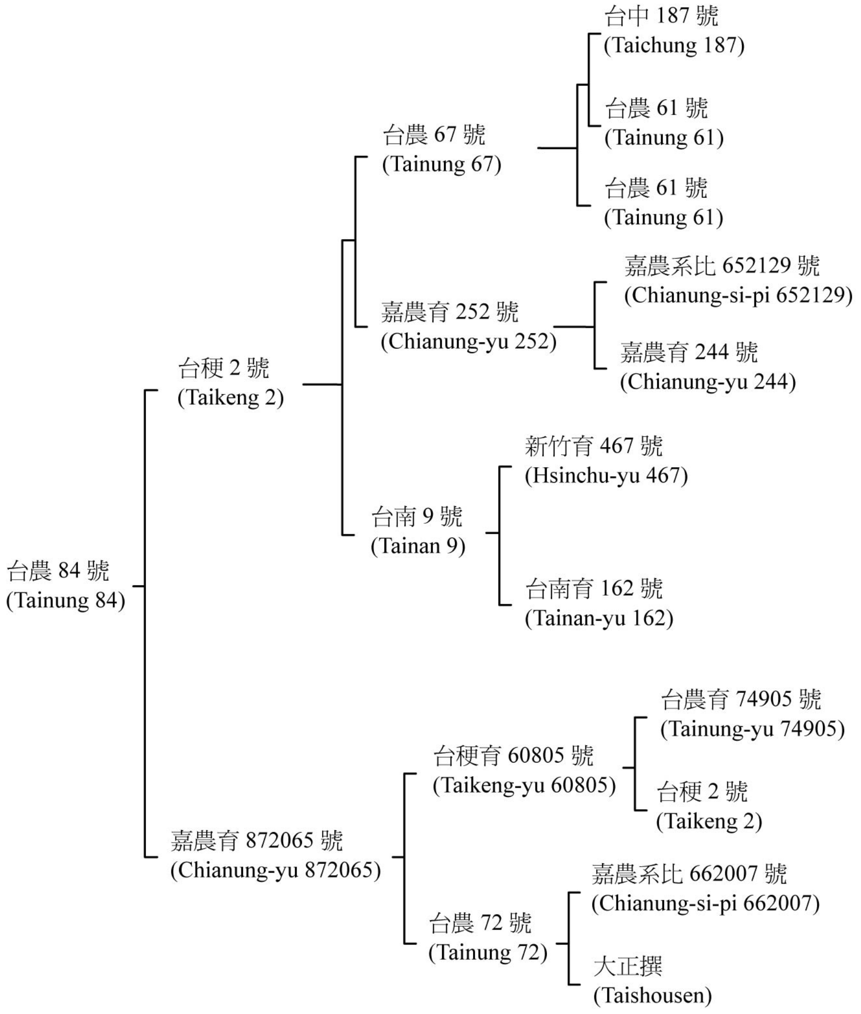

圖 1. 稉稻品種台農 84 號之譜系。

Fig. 1. Pedigree of the Japonica rice variety Tainung 84.

表 1. 台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 的選育過程

Table 1. Procedures for breeding of the rice variety Tainung 84 (line Chianung-yu 941002)

Year	Crop season	Description
2002	1st	Hybridization:Taikeng 2 (♀) × Chianung-yu 872065 (♂)
	2nd	F_1
2003	1st	F2: Evaluation of grain appearance, disease resistance and insect resistance
	2nd	F_3: Evaluation of grain appearance, disease resistance and insect resistance
2004	1st	F_4: Evaluation of grain appearance, disease resistance and insect resistance
	2nd	F_5: Evaluation of grain appearance, disease resistance and insect resistance
2005	1st	F_6: Chianung-yu 941002 (Preliminary yield trial)
	2nd	F_7: Chianung-yu 941002 (Preliminary yield trial)
2006	1st	F_8: Chianung-yu 941002 (Advanced yield trial, evaluation of lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting, shattering, diseases resistance and insect resistance)
	2nd	F_9: Chianung-yu 941002 (Advanced yield trial, evaluation of lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting, shattering, diseases resistance and insect resistance)
2007	1st	F_{10}: Chianung-yu 941002 (Regional trial, evaluation of lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting, shattering, diseases resistance and insect resistance, physicochemical characteristics and palatability)
	2nd	F_{11}: Chianung-yu 941002 (Regional trial, evaluation of lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting, shattering, diseases resistance and insect resistance, physicochemical characteristics and palatability)
2008	1st	F_{12}: Chianung-yu 941002 (Regional trial, evaluation of lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting, shattering, diseases and insect resistance, physicochemical characteristics and palatability, nitrogen trial)
	2nd	F_{13}: Chianung-yu 941002 (Regional trial, evaluation of lodging, cold tolerance, on-panicle sprouting, shattering, diseases and insect resistance, physicochemical characteristics and palatability, nitrogen trial)
2009	1st	F_{14}: Seed propagation
	2nd	$F_{15:}$ Grain storage trial
2010	1st	F_{16}: Application for variety registration

非生物性抗性檢定

自 2006 年第 1 期作至 2008 年第 2 期作，計進行 3 年 6 期作，不同特性的檢定方法如下：

倒伏性檢定：委請桃園區農業改良場於新竹縣竹東鎮進行。田間設計採順序排列，3 行區，每行 10 株，多本植，行株距 30 cm × 15 cm，2 重複。氮素施用量為 200 kg/ha，在穀粒成熟期進行調查，以國際稻米研究所 (International Rice Research Institute, IRRI) 訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)，依照植株的狀態進行判別，植株直立為 1 級，直立–傾斜為 3 級，傾斜為 5 級，傾斜–倒伏為 7 級，倒伏為 9 級。

耐寒性檢定：委請桃園區農業改良場於新竹縣五峰鄉進行。第 1 期作秧苗期耐寒性檢定採用直播法，田間設計採順序排列，2 重複，在自然氣候環境下，依秧苗成活率、葉色及生長等判別等級；第 2 期作成株期耐寒性檢定採移植方式，田間設計為順序排列，2 重複，以結實率判別等級；係依國際稻米研究所訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)。

穗上發芽率檢定：委請花蓮區農業改良場執行。於主穗軸基部僅餘 2–3 粒尚未黃熟時採收 5 單穗，將稻穗浸泡在淺水盤上，置於日夜溫 30℃的植物生長箱內 6 天，計算穗上發芽粒數，發芽粒數與全部粒數之比值為穗上發芽率，穗上發芽率少於 30%為 1 級，31–60%為 5 級，高於 61%為 9 級。

穀粒脫粒性檢定：委請花蓮區農業改良場執行。成熟期採收主穗 5 穗，將稻穗置於長 1 m、寬 30 cm，一邊高 8 cm 斜木板的 2/3 處 (由高

的一端算起)，以重量 1.5 kg、長 30 cm 之鐵棒滾動 3 次，秤算脫粒稻穀重量，脫粒稻穀重量佔全部檢測稻穀重量之百分比為脫粒率，脫粒率低於 1%為 1 級，1–5%為 3 級，6–25%為 5 級，26–50%為 7 級，高於 51%為 9 級。

生物性抗性檢定

稻熱病檢定：檢定方式有水田及旱田式病圃兩種。水田式病圃設置於第 1 期作，由嘉義農業試驗分所及台東區農業改良場執行，田間採順序排列，每品種 (系) 種 2 行，行株距 25 cm × 20 cm，每行 7 株，2 重複，採自然感病方式，每隔 2 個品種 (系) 種植 1 行感病品種 Lomello，每隔 10 個品種 (系) 種植 1 行抗病對照品種台農 70 號。旱田式病圃兩期作均設置於嘉義農業試驗分所，田間採順序排列，條播，行長 50 cm，每行播種 5 g，行距 10 cm，每品種 (系) 播種 1 行，2 重複，每隔 10 行播種感病品種 Lomello，中間夾播 1 行抗病對照品種台農 70 號；調查方式依國際稻米研究所訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)。

白葉枯病檢定：委請台中區農業改良場執行。田間採順序排列，每品種 (系) 種 4 行，每行 10 株，單本植，2 重複，於劍葉抽出後，將白葉枯病 [*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama), Swings *et al*. 1990] 之兩菌株 (XM-42 及 XF-89b) 分別以剪葉法接種於每株稻葉上，每行接種不同菌株；調查方法與標準依國際稻米研究所訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)。

紋枯病檢定：委請台南區農業改良場嘉義分場執行。田間設計採順序排列，2 重複，多本植，行株距 25 cm × 15 cm，每品種 (系) 栽植 1 行，每行 10 株，隔株栽種稗稈稻，第 1 期作移植後 50–60 天，第 2 期作 30–40 天以紋枯病 [*Thanatephorus cucumeris* A.B. (Frank) Donk] 之 TC-96 菌株進行人工接種誘發病害，齊穗後 25 天調查發病程度；調查方式依國際稻米研究所訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)。

縞葉枯病檢定：委請高雄區農業改良場執行。秧苗於 3 葉期移到接種箱，每箱放 12 個培養皿，2 重複，每支苗平均以 5 隻帶毒斑飛蝨 [*Laodelphax striatella* (Fallen)] 進行感染，2 天後，將秧苗移植於植缽中，每缽 10 株，置於網室內，約 30 天後調查罹病株數，換算罹病率；調查方式依國際稻米研究所訂定之評估標準進行 (IRRI 2002)。

稻飛蝨檢定：由嘉義農業試驗分所執行。將 3 葉齡秧苗置於溫室檢定槽，再將人工大量繁殖之褐飛蝨 [*Nilaparvata lugens* (Stål)]、白背飛蝨 [*Sogatella furcifera* (Horvath)] 及斑飛蝨等 3 種飛蝨若蟲 (2–3 齡) 分別釋放於秧苗，釋放密度約為每秧苗 2–3 隻，待感蟲對照品種 (台中在來 1 號) 枯萎時進行調查；褐飛蝨成株抗性檢定為每品種 (系) 種 4 株，3 本植，種植在網室內，待分蘗期釋放雌成蟲，平均每株 0.5–1 隻，讓其自由選擇稻株產卵繁殖，釋放 35 天後，紀錄每品種 (系) 之蟲數及危害等級，其後每隔 3–5 天調查 1 次，直到感蟲對照品種完全枯萎為止；調查方式依國際稻米研究所訂定之標準進行 (IRRI 2002)。

稻米品質及食味檢定

本項試驗分析委請台中區農業改良場執行。茲分述如下：

碾米品質：包括糙米率、白米率及完整米率。秤取 125 g 稻穀，以脫殼機除去外殼，秤取糙米重量，佔稻穀重量比例即得糙米率；將糙米經精白米機碾磨 1 分鐘，所得精白米重量佔稻穀重量比例即得白米率；白米經完整米粒篩選機將完整米與碎米分開，秤其完整米粒重量佔白米重量比例，即可得完整米率。

米粒外觀性狀：粒長及粒形依中國國家標準 No.13446 訂定 (1994 年公佈，2007 年修訂)。粒長分 4 級：VL 為 7.500 mm 以上，L 為 6.610–7.499 mm，M 為 6.609–5.510 mm，S 為

5.510 mm 以下；粒形依長寬比分 3 級：S 為 3.0 以上，I 為 2.1–2.9，B 為 2.1 以下；透明度分 6 級 (0–5 級)；心白分 6 級 (0–5 級)；腹白分 6 級 (0–5 級)；背白分 6 級 (0–5 級)。

米粒理化特性：將白米以磨粉機磨成米粉，過篩後測其直鏈澱粉含量、粗蛋白質含量及凝膠展延性、鹼性擴散度與糊化溫度。凝膠展延性分 3 級：H 為 41 mm 以下，M 為 41–60 mm，S 為 61–100 mm；鹼性擴散度分 1–7 共 7 級，糊化溫度分 H、HI、I 及 L 等 4 級，糊化溫度與鹼性擴散度對應如下：H 為 1–2 級，HI 為 3 級，I 為 4–5 級，L 為 6–7 級 (IRRI 2002)。

食味檢定：以埤頭鄉生產之台稉 9 號為對照。利用 4 人份電子鍋 4 個，其中 1 個蒸煮對照品種，其餘 3 個蒸煮測試樣品。每樣品秤取白米 400 g 放入內鍋，以強勁水流沖洗攪拌後排水，重複 3 次，加入米量 1.35 倍的水，浸泡 30 分鐘後，始按下開關；待開關跳起後，先燜 20 分鐘再打開鍋蓋，觀察米飯光澤，然後將飯攪鬆，以紗布蓋在內鍋上以吸收蒸氣，鍋內插一雙筷子，蓋下鍋蓋以利通氣，放冷 1 小時後食用。試食時分別就米飯外觀 (appearance)、香味 (aroma)、口味 (flavor)、黏性 (cohesiveness)、硬性 (hardness) 與總評 (overall sensory evaluation) 等 6 項分別與對照品種比較，並在評分表上記錄分數，將其區分為 3 級，分別是 A 級為優於對照，B 級為同對照，C 級為劣於對照 (Song 1978)。

稻穀儲藏試驗食味檢定：儲藏試驗於 2009 年 7 月至 12 月間進行，參試材料係 2009 年第 1 期作在嘉義農業試驗分所水稻試驗田栽培生產的稻穀，收穫後以網袋方式置於倉庫室溫下 (約 22–28℃)，每個月取出委由台中區農業改良場進行食味檢定，另以彰化縣埤頭鄉生產並儲存於 15℃冷藏庫中之台稉 9 號為對照品種；米飯食味檢定方法同前項食味檢定。

結　　果

產量比較試驗

台農 84 號原品系名稱嘉農育 941002 號係於 2004 年第 2 期作由 F_5 世代系統選出，並於 2005 年第 1、2 期作進行初級產量比較試驗，試驗結果詳見表 2。由表 2 顯示，台農 84 號其全生育日數在第 1 期作為 124 天較對照品種台稉 9 號晚熟 2 天，第 2 期作為 102 天較台稉 9 號早熟 7 天；株高在第 1 期作較台稉 9 號矮 0.9 cm，第 2 期作矮 10.3 cm；穗數第 1 期作為 13.6 支與台稉 9 號 (13.1 支) 相近，第 2 期作較多 2.9 支；稻穀產量在第 1 期作較台稉 9 號增產 10.6%，第 2 期作增產 7.4%；倒伏性與對照品種相同均為 1 級 (直立)，對於稻熱病及褐飛蝨之抵抗性較對照品種為佳，糙米外觀品質在第 1 期作較台稉 9 號為優，第 2 期作則兩者相同；綜合以上結果，選出晉級高級產量比較試驗。

台農 84 號於 2006 年第 1、2 期作進行高級產量比較試驗，試驗結果詳見表 2。台農 84 號其全生育日數在第 1 期作較對照品種台稉 9 號早熟 1 天，第 2 期作相同；株高第 1、2 期作分別較台稉 9 號矮 9.1 cm 及 7.2 cm；穗數兩期作均較台稉 9 號略少；一穗穎花數第 1 期作較台稉 9 號多，第 2 期作則較少；稔實率兩者相近；千粒重第 1、2 期作分別較台稉 9 號重 1.8 g 及 0.2 g，稻穀產量在第 1、2 期作分別較台稉 9 號增產 11.3%及 1.2%；倒伏性兩者均同為 1 級 (直立)，對於稻熱病及褐飛蝨抵之抗性均較台稉 9 號為佳，糙米外觀品質在第 1 期作略較台稉 9 號為優，第 2 期作兩者相同；由以上結果顯示台農 84 號具有豐產、良質、耐倒伏及抗病蟲害等優良特性，被選出參加 2007 年組稉稻區域試驗。

區域試驗

台農 84 號從 2007 年第 1 期作至 2008 年第 2 期作，計參加 2 年 4 期作區域試驗，試驗結果詳見表 3。由全國區域試驗結果，台農 84 號

表 2. 台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 在初級及高級產量比較試驗之稻穀產量及農藝性狀

Table 2. Performance of Tainung 84 (Chianung-yu 941002) in the preliminary and advanced yield trials

Variety	Crop season	Growth duration (days) [z]	Plant height (cm)	Panicle (No.)	Spikelet/ panicle (No.)	Seed set (%)	1000-grain weight (g)	Lodging incidence	Yield		Resistance [y]			Appearance [x] of brown rice grain
									kg/ha	Ratio (%)	Leaf blast	Panicle blast	Brown planthopper	
Preliminary yield trial														
Chianung-yu 941002	1st	124	107.6	13.6	ND[w]	ND	ND	1	9359	110.6	R	–	MR	2
	2nd	102	93.3	27.3	ND	ND	ND	1	5101	107.4	R	–	MR	2
Taikeng 9 (check variety)	1st	122	108.5	13.1	ND	ND	ND	1	8464	100.0	MR	–	S	3
	2nd	109	103.6	24.4	ND	ND	ND	1	4747	100.0	HS	–	S	3
Advanced yield trial														
Chianung-yu 941002	1st	117	98.5	12.7	102.2	82.7	26.8	3	8145	111.3	R	R	MR	2
	2nd	101	94.6	11.0	110.9	85.6	27.2	1	5966	101.2	MR	–	MR	2
Taikeng 9 (check variety)	1st	118	107.6	13.9	95.4	83.4	25.0	5	7317	100.0	S	MS	S	3
	2nd	101	101.8	11.3	116.3	85.2	27.0	1	5895	100.0	HS	–	S	3

[z] Days from transplanting to ripening.
[y] R: resistant; MR: moderately resistant; MS: moderately susceptible; S: susceptible; HS: highly susceptible.
[x] Appearance of brown rice grain is graded from 1 to 3 using Tainung 67 (grade 3) as a check variety.
[z] ND: No data

228

表 3. 台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 在區域試驗之重要農藝性狀、產量及產量構成性狀

Table 3. Performance of agronomic traits, grain yield and yield components of Tainung 84 (Chianung-yu 941002)

Location	Growth duration[z] (day)		Plant height (cm)		Panicle length (cm)		Panicle weight (g)		Grain yield (kg/ha)			Panicle (No.)		Spikelet/ panicle (No.)		Seed set (%)		1000-grain weight (g)	
	V1[y]	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	Ratio	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
1st crop season																			
Taoyuan	136	138	83.5	91.9	17.1	17.9	1.7	1.7	4731 a[x]	3903 b	121.2	16.5	14.7	68.0	79.1	92.9	91.0	25.4	21.6
Changhua	115	118	88.1	95.9	17.6	16.9	2.0	1.9	7107 a	6245 b	113.8	16.2	15.7	74.8	75.2	91.0	85.5	28.4	27.4
Chiayi	127	129	89.1	100.6	17.5	17.6	2.2	2.3	8241 a	7543 a	109.3	18.3	15.9	73.1	85.3	94.0	91.3	29.3	26.7
Pingtung	122	124	90.3	102.7	19.7	18.6	2.4	2.3	7419 a	7386 a	100.5	17.0	16.8	96.1	99.7	83.4	81.6	26.7	25.6
Taitung	132	131	81.2	90.0	16.8	16.7	1.7	1.7	6564 a	5919 a	110.9	18.4	17.6	77.2	78.0	86.2	85.5	25.5	24.6
Hualien	145	147	89.1	99.1	17.1	16.5	1.8	1.8	5446 a	4945 a	110.1	16.2	14.7	80.7	83.1	81.9	83.6	25.8	24.3
Mean	129	131	86.9	96.7	17.6	17.4	2.0	2.0	6585 a	5990 b	109.9	17.1	15.9	78.3	83.4	88.2	86.4	26.8	25.0
CV (%)	8.18	7.83	4.20	5.18	5.98	4.66	14.62	14.41	19.74	23.46		5.92	7.24	12.37	10.51	5.79	4.56	6.11	8.23
2st crop season																			
Taoyuan	115	116	86.5	90.4	17.3	17.4	1.1	1.4	2457 a	2536 a	96.9	15.1	12.2	73.9	86.2	61.3	69.2	21.2	21.0
Changhua	107	108	89.8	93.5	17.5	18.3	1.8	1.8	4286 a	3743 a	114.5	14.0	11.8	81.3	84.7	83.4	80.0	24.5	24.4
Chiayi	109	110	89.7	95.0	17.9	18.9	1.8	2.0	2769 a	2752 a	100.6	12.6	11.3	80.2	93.4	71.7	67.9	24.9	24.8
Pingtung	105	104	96.3	106.0	18.2	18.8	1.7	1.9	3789 a	3610 a	105.7	14.7	12.8	84.1	98.9	67.5	64.9	26.1	25.2
Taitung	106	112	89.4	98.0	17.3	16.9	1.6	1.7	4349 a	5683 a	76.5	15.2	15.2	71.9	73.9	84.1	89.8	26.3	24.9
Hualien	116	116	91.0	98.7	18.1	18.4	1.7	1.9	2988 a	3307 a	90.4	11.1	9.4	86.5	95.9	64.9	65.2	25.5	24.9
Mean	109	111	90.4	96.9	17.7	18.1	1.6	1.8	3440 b	3605 a	95.4	13.8	12.1	79.7	88.8	72.2	72.9	24.8	24.2
CV (%)	4.30	4.23	3.57	5.55	2.27	4.41	16.33	11.98	23.56	31.13		11.80	15.71	7.17	10.31	13.32	13.70	7.55	6.56

[z] Days from transplanting to ripening.
[y] V1: Tainung 84 (Chianung-yu 941002); V2: Taikeng 9 (check variety).
[x] Means within each column of each crop season followed by the same letter are not significantly different at 0.05 probability level.

在桃園等 6 個地區其第 1 期作之稻穀產量均較對照品種台稉 9 號高產，其第 1 期作平均稻穀產量為 6585 kg/ha，較台稉 9 號增產 9.9%，其中在桃園、彰化、台東及花蓮等地區分別增產 10.1–21.2%。第 2 期作平均稻穀產量為 3440 kg/ha，較對照品種減產 4.6%，但在彰化、嘉義及屏東等地區仍增產 0.6–14.5%。由以上結果可見，台農 84 號具有與良質米推薦品種台稉 9 號相當之高產潛力，尤其在第 1 期作。

台農 84 號在區域試驗稻穀產量構成因素中，其穗數在第 1、2 期作均較對照品種台稉 9 號為多，一穗穎花數則較台稉 9 號少，尤其在第 2 期作；稔實率在第 1 期作較台稉 9 號略高，在第 2 期作則兩者相近；千粒重則兩期作均較台稉 9 號為重，尤其在第 1 期作。台農 84 號其全生育日數，第 1 期作平均為 129 天，第 2 期作平均為 109 天，均較對照品種台稉 9 號早熟 2 天。株高第 1 期作平均為 86.9 cm，第 2 期作為 90.4 cm，分別比台稉 9 號矮 9.8 及 6.5 cm。穗長及穗重在第 1 期作兩者相近，在第 2 期作則台稉 9 號較台農 84 號略長及略重。

台農 84 號在第 1 期作之穩定性係數 (bi) 為 0.89，稻穀平均產量為 6585 kg/ha，較對照品種顯著增產 9.9%，亦高於所有參試品種 (系) 之總平均值 5732 kg/ha，顯示其在第 1 期作表現相當高產且穩定；第 2 期作之穩定性係數 (bi) 為 0.82，稻穀平均產量為 3440 kg/ha，較對照品種顯著減產 4.6%，惟仍高於所有參試品種 (系) 之總平均值 3430 kg/ha，顯示其第 2 期作表現穩定但產量持平。將 2 年 4 期作的稻穀產量合併分析，稻穀產量平均為 5012 kg/ha，高於參試品種 (系) 的總平均值 4581 kg/ha，與對照品種台稉 9 號差異顯著，穩定性係數 (bi) 為 1.12，顯示其具有高產特性，且在不同期作及地區都相當穩定，但更適合於第 1 期作 (表 4)。

表 4. 2007–2008 年稉稻區域試驗參試品種 (系) 稻穀產量之穩定性介量

Table 4. Comparison of 10 Japonica rice (nine tested lines and one check variety) for grain yield in the regional trails in Taiwan, 2007–2008

	1st Crop season z				2nd Crop season y				Combined			
	Yield	Ratio x			Yield	Ratio			Yield	Ratio		
Variety (lines)	(kg/ha)	kg	%	bi w	(kg/ha)	kg	%	bi	(kg/ha)	kg	%	bi
Taoyuan-yu 72242	4729 d v	-1261	-21.0	1.13	2778 g	-827	-22.9	0.60	3754 f	-1044	-21.8	0.91
Miao-yu 94-97	5916 bc	-74	-1.2	1.06	3669 b	64	1.8	1.06	4793 b	-5	-0.1	1.02
Chungkeng-yu 11147	5763 c	-227	-3.8	0.88	3249 e	-356	-9.9	1.30	4506 c	-292	-6.1	1.05
Nan keng-yu 116	6372 a	381	6.4	0.96	3874 a	269	7.5	0.88	5123 a	325	6.8	1.01
Kaohsiung-yu 4417	5191 d	-779	-13.3	1.09	3046 f	-559	-15.5	0.64	4119 e	-679	-14.1	0.94
Tungkeng-yu 922018	5320 d	-670	-11.2	0.99	3420 cd	-185	-5.1	1.20	4370 cd	-428	-8.9	0.94
Hualien-yu 75	6126 b	136	2.3	0.88	3959 a	354	9.8	1.09	5043 a	245	5.1	0.94
Chianung-yu 941002	6585 a	595	9.9	0.89	3440 cd	-166	-4.6	0.82	5012 a	215	4.5	1.12
Tainung-yu 932006	5329 d	-661	-11.0	1.11	3261 de	-344	-9.6	1.25	4295 d	-503	-10.5	1.03
Taikeng 9 (check variety)	5990 b	0	0	0.99	3605 b	0	0	1.15	4798 b	0	0	1.04

z The data of 1st crop season was combined analysis for the two year datum of 2007 and 2008.
y The data of 2nd crop season was combined analysis for the two year datum of 2007 and 2008.
x Yield ratio (kg): yield of test line − yield of check cv. Taikeng 9.
Yield ratio (%): (yield of test line − yield of check cv. Taikeng 9) ÷ yield of check cv.Taikeng 9 × 100%.
w bi : stability coefficient.
v Means within each the column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 probability level.

氮肥效應試驗

台農 84 號在第 1 期作 4 個氮肥等級處理下，稻穀產量以每公頃施用 80 kg 氮素區，顯著低於其他 3 個處理區；台稉 9 號亦呈現每公頃 80 kg 氮素處理區，低於其他 3 個氮素處理區，惟各氮素處理區無顯著差異。台農 84 號在第 2 期作之 4 個氮肥等級處理間，稻穀產量均無顯著差異；台稉 9 號則 80 kg 氮素處理區與 200 kg 處理區無顯著差異，但與 120 kg 及 160 kg 處理區間則有顯著差異。台農 84 號之氮肥施用效益，兩期作均以 120 kg/ha 氮素處理區最高。綜合稻穀產量及氮肥施用效益，台農 84 號之氮肥施用量以 120 kg/ha 氮素為宜 (表 5)。

產量構成性狀在氮肥效應試驗之表現，台農 84 號其全生育日數在不同氮素處理間反應較不一致，而株高及穗數有隨著氮素之增施而略有增加之現象，一穗穎花數在兩期作以每公頃氮素用量 120 kg 者最多，稔實率及千粒重在兩期作均以每公頃氮素 80 kg 處理區最高 (表 5)。

非生物性抗性檢定

台農 84 號之非生物性抗性檢定結果詳見表 6。台農 84 號的耐倒伏性檢定第 1 期作反應為 3–5 級 (直–斜至斜)，平均為 4.3 級 (斜)；第 2 期作的反應為 2–3 級 (直–斜) 平均為 2.7 級，雖不及對照品種台稉 9 號之強稈，但仍維持中等程度之耐倒伏性，惟在實際栽培時仍應注意勿施用過量氮肥，以避免倒伏而影響產量與品質。

台農 84 號之耐寒性檢定結果，在第 1 期作秧苗期檢定為 1–5 級，平均為 2.3 級，表現較對照品種台稉 9 號之 3 級為佳；第 2 期作成熟期檢定結果變異頗大為 1–7 級，平均反應為 3.7 級，優於台稉 9 號之 4.3 級，顯示台農 84 號之耐寒性在秧苗期及成熟期均較台稉 9 號為佳。

台農 84 號之穗上發芽率在第 1 期作平均為 2.3 級，遠低於台稉 9 號之 7.7 級，在第 2 期作為 4.3 級亦低於台稉 9 號之 9 級，顯示其穗上發芽率遠低於對照品種台稉 9 號，尤其在第 1 期作，惟年度間差異頗大。脫粒性檢定結果，台農 84 號在第 1 期作平均為 7 級與台稉 9 號相同，第 2 期作平均為 4.3 級亦與台稉 9 號相近，顯示其脫粒性適中，適宜機械採收。

生物性抗性檢定

台農 84 號對稻熱病之反應詳見表 7。在水田式病圃檢定結果，葉稻熱病在嘉義及關山兩病圃均表現抗級；穗稻熱病在嘉義病圃為抗級，在關山病圃為中抗級；另在嘉義旱田式病圃葉稻熱病反應為抗級，顯示台農 84 號對於稻熱病之抵抗性明顯的優於對照品種台稉 9 號之極感級。

白葉枯病檢定係由台中區農業改良場以 XM-42 及 XF-89b 兩個菌系進行接種檢定。台農 84 號第 1 期作對 XM-42 及 XF-89b 兩菌株平均反應均呈感級 (S)，而台稉 9 號對兩菌株之反應為感 (S) 及極感級 (HS)；第 2 期作對 XM-42 菌株平均亦呈現感級 (S)，惟對 XF-89b 菌株則呈極感級 (HS)，而對照品種台稉 9 號對兩菌株則均呈極感 (HS) 反應；由兩期作之檢定結果 (表 7)，顯示台農 84 號對白葉枯病之抵抗性並不理想。

台農 84 號對紋枯病之抵抗性在第 1、2 期作均呈極感級 (HS)，與對照品種台稉 9 號相近 (表 7)，應注意適時防治。台農 84 號對縞葉枯病之抵抗性平均為中感級 (MS) 與對照品種相同反應 (表 7)。

由表 7 抗蟲檢定結果觀之，台農 84 號對褐飛蝨之抵抗性在秧苗期為中抗 (MR)，在成株期則呈現感級 (S) 反應，但年度間反應不一。對於白背飛蝨及斑飛蝨之抵抗性平均皆為中抗級 (MR)，表現較對照品種台稉 9 號為佳，惟在年度間變異頗大，顯示其對白背飛蝨及斑飛蝨之抵抗性並不穩定。

表 5. 水稻台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 在氮肥效應試驗之產量及其構成性狀

Table 5. Effects of nitrogen fertilizer on performance of agronomic traits and grain yield of Tainung 84 (Chianung yu 941002)

Variety	Nitrogen (kg/ha)	Grain yield (kg/ha)	Ratio (%)	Nitrogen effect (NT$/NT$)[z]	Nitrogen effect (NT$/kg)[y]	Plant height (cm)	Panicle (No.)	Panicle length (cm)	Panicle weight (g)	Spikelet/ panicle (No.)	Seed set (%)	1000-grain weight (g)
1st crop season												
Chianung-yu 941002	80	4950 c[x]	100.0	—[w]	—	79.9	18.7	17.1	1.76	70.7	93.4	25.5
	120	6377 b	128.8	28.69	852.53	86.1	23.4	18.1	1.94	81.4	89.5	25.3
	160	6429 b	129.9	14.87	425.21	88.2	25.0	17.9	1.74	73.1	90.1	25.3
	200	7706 a	155.7	18.47	528.23	89.8	23.4	17.7	1.67	72.4	89.5	24.5
Taikeng 9 (check variety)	80	4795 a	100.0	—	—	87.8	15.9	17.4	1.71	74.3	89.8	24.0
	120	4915 a	102.5	22.62	69.00	92.3	21.7	16.9	1.62	71.7	89.7	23.6
	160	5775 a	120.5	9.85	281.75	93.0	23.0	17.2	1.57	70.1	90.7	23.3
	200	5920 a	123.5	7.54	215.63	96.5	21.3	18.0	1.67	78.4	88.8	22.7
2nd crop season												
Chianung-yu 941002	80	4009 a	100.0	—	—	80.5	15.1	17.5	1.80	76.2	93.2	24.5
	120	4270 a	106.6	5.25	150.08	84.6	15.1	18.6	1.90	84.6	85.8	24.4
	160	4322 a	107.8	3.15	89.99	84.7	18.0	17.7	1.70	77.2	84.2	24.1
	200	4510 a	112.5	3.36	96.03	83.4	18.3	17.7	1.60	77.9	82.8	23.7
Taikeng 9 (check variety)	80	3958 b	100.0	—	—	87.6	14.2	17.5	2.10	85.5	94.2	24.5
	120	5021 a	126.9	21.37	611.23	90.6	13.0	19.0	2.40	102.6	87.5	24.7
	160	4829 a	124.5	3.49	279.16	91.2	16.0	18.8	2.10	91.9	87.0	24.2
	200	4042 b	102.1	0.56	16.10	87.3	17.0	17.6	1.70	79.1	88.7	22.6

[x] Means within the column of each crop season followed by the same letter are not significantly different at 0.05 probability level.
[z] Nitrogen effect (NT$/NT$) = [yield of treatment − yield of C.K (80kg N/ha)] × rice price (NT$23/kg) ÷ [nitrogen price (NT$28.6/kg) × increasing nitrogen rate].
[y] Nitrogen effect (NT$/kg) = [yield of treatment − yield of C.K (80kg N/ha)] × rice price (NT$23/kg) ÷ (increasing nitrogen rate).
[w] No data.

表 6. 水稻台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 之非生物性抗性

Table 6. Resistance of Japonica rice variety Tainung 84 (Chianung-yu 941002) to abiotic stress

	2006		2007		2008		Mean	
Traits	V1[z]	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
1st crop season								
Lodging incidence [y]	3	1	5	1	5	1	4.3	1.0
Cold tolerance [x]	5	7	1	1	1	1	2.3	3.0
On-panicle sprouting [w]	1	9	1	5	5	9	2.3	7.7
Shattering[v]	7	7	7	7	7	7	7.0	7.0
2nd crop season								
Lodging incidence	2	1	3	1	3	1	2.7	1.0
Cold tolerance	7	7	3	3	1	3	3.7	4.3
On-panicle sprouting	9	9	5	9	1	9	5.0	9.0
Shattering	5	5	5	5	3	5	4.3	5.0

[z] V1: Tainung 84 (Chianung-yu 941002); V2: Taikeng 9 (check variety).
[y] Lodging incidence is graded from 1 to 9; 1 = Resistant, 9 = highly susceptible.
[x] Cold tolerance is graded from 1 to 9; 1 = Resistant, 9 = highly susceptible.
[w] On-panicle sprouting is graded from 1 to 9; 1 = hard, 9 = easy.
[v] Shattering is graded from 1 to 9; 1 = hard, 9 = easy.

表 7. 水稻台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 之生物性抗性反應

Table 7. Resistance of Japonica rice variety Tainung 84 (Chianung-yu 941002) to diseases and insect pests in 2006-2008

		2006		2007		2008		Mean	
Pests		V1 [z]	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
1st crop season									
Leaf blast [y]	Chiayi	R [r]	S	R	HS	MR	S	R	HS
	Kuanshan	R	HS	R	HS	R	S	R	HS
Panicle blast	Chiayi	R	MS	R	HS	R	HS	R	HS
	Kuanshan	MR	S	R	HS	MS	HS	MR	HS
Bacterial leaf blight [x]	XM-42	MS	S	S	S	S	HS	S	S
	XF-89b	S	S	S	HS	HS	HS	S	HS
Sheath blight [w]		MS	S	HS	HS	HS	S	HS	HS
Rice stripe [v]		MS	MS	S	MS	MS	MS	MS	MS
Brown planthopper [u]	Seedling	MR	S	MR	S	MR	S	MR	S
	Adult	S	S	MR	S	S	S	S	S
White backed planthopper [t]		S	S	MR	S	S	S	MR	S
Smaller brown planthopper [t]		S	MR	MR	S	MR	S	MR	MR
2nd crop season									
Leaf blast [s]	Chiayi	R	HS	R	HS	MR	HS	R	HS
Bacterial leaf blight	XM-42	MS	S	HS	HS	MS	HS	S	HS
	XF-89b	S	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Sheath blight		HS	S	S	S	HS	S	HS	S

[z] V1: Tainung 84 (Chianung-yu 941002); V2: Taikeng 9 (check variety).
[y] Rice blast was assessed in the paddy disease nurseries in Chiayi and Kuanshan.
[x] Bacterial leaf blight was conducted in the paddy disease nursery using strains XM-42 and XF-89b.
[w] Sheath blight was tested in the paddy disease nursery.
[v] Rice stripe was evaluated in the greenhouse.
[u] Brown planthopper was rated in the greenhouse at seedling and adult stages.
[t] White backed planthopper and Smaller brown planthopper were tested in the greenhouse.
[s] Leaf blast was rated in the upland disease nusery at Chiayi.
[r] R: resistant; MR: moderately resistant; MS: moderately susceptible; S: susceptible; HS: highly susceptible.

稻米品質與食味檢定

稻米品質及食味測定委由台中區農業改良場米質研究室執行。在碾米品質方面，台農 84 號在第 1 期作的糙米率平均為 81.7%與米質對照品種台稉 9 號之 81.6%相近，第 2 期作平均為 81.7%亦與台稉 9 號之 81.8%相近；完整米率在第 1 期作為 63.5%優於台稉 9 號之 58.2%，在第 2 期作則台農 84 號為 66.7%略低於台稉 9 號之 68.2% (表 8)。在米粒外觀上，台農 84 號之透明度在第 1 期作略優於台稉 9 號，第 2 期作則與台稉 9 號同為 3 級，心、腹、背白等級總和第 1 期作為 0.54 優於台稉 9 號之 0.74，第 2 期作為 0.3 更勝於台稉 9 號之 0.71。在烹調及食用品質上，台農 84 號的糊化溫度在兩期作均為 L；直鏈澱粉含量在兩期作均高於台稉 9 號，粗蛋白質含量在第 1 期作台農 84 號為 5.68%略低於台稉 9 號之 5.74%，第 2 期作則台農 84 號為 6.63%略高於台稉 9 號之 6.40%；凝膠展延性則兩品種相近 (表 8)。

食味品評係以彰化縣大村鄉區域試驗生產之稻米為材料，由台中場米質研究室進行檢測。台農 84 號的米飯食用品質總評在 2 年 4 期作均屬 B 級，亦即其米飯食用品質與良質米推薦品種台稉 9 號相當。在評比項目中，台農 84 號在 2007 年第 1 期作其外觀為 A 優於台稉 9 號，惟其在 2007 及 2008 年第 2 期作之硬性等級為 A 級，表現較台稉 9 號為硬；其餘在外觀、口味及黏性等評比性狀之等級均與台稉 9 號相同，顯示台農 84 號的米飯食用品質可媲美良質米品種台稉 9 號 (表 9)。

稻穀儲藏試驗食味檢定於 2009 年 7 月至 12 月間委由台中場米質研究室進行。其結果詳見表 10，台農 84 號經 1 至 3 個月之室溫儲存，其每個月之食味品質與良質米對照品種台稉 9 號 (彰化縣埤頭鄉生產，15℃冷藏) 相同均屬 B 級，且優於其母本亦係良質米推薦品種之台稉 2 號，惟其在室溫下儲存 4 個月後其口味、黏性及硬性部分有劣變現象，但若貯存於低溫冷藏中則雖經 5 個月後仍可維持與台稉 9 號相同食味品質。

討　　論

台農 84 號在 2 年 4 期作於全國 6 個地區之區域試驗結果，其第 1 期作稻穀平均產量為 6585 kg/ha，為參試品種 (系) 中產量最高者，較對照品種台稉 9 號之 5990 kg/ha 增產 9.9%，且在 6 個地區均較對照品種高產，尤其在桃園、彰化、台東及花蓮等地區增產達 10–21%，其穩定性係數為 0.89，顯示其在第 1 期作表現相當高產且穩定。在第 2 期作其稻穀平均產量為 3440 kg/ha 較對照品種之 3650 kg/ha 減產 4.6%，尤其在台東地區減產達 23.5%，主要原因係其在台東地區較對照品種早熟 6 天，遭受嚴重鳥害所致；但其產量仍高於所有參試品種 (系) 之平均公頃產量 3430 kg/ha，而在彰化、嘉義及屏東等地仍較對照品種高產，其穩定性係數為 0.82，顯示其在第 2 期作表現穩定但產量持平。綜觀各參試品種 (系) 在第 2 期作之產量均偏低之原因係 2007–2008 年第 2 期作水稻開花抽穗期間遭遇柯羅莎、辛樂克及薔蜜等颱風侵襲影響授粉及稔實等有關。比較其在第 1、2 期作之穩定性與產量表現，顯示台農 84 號在兩期作均極為穩定，而以第一期作可得最優異之表現。綜合 2 年 4 期作之總平均表現，台農 84 號之穩定性係數為 1.12，略高於對照品種之 1.04，似乎其穩定性變低，此係由於其在兩期作不同栽培環境下有較大之變異，相較於其他品系，其在第 1 期作甚高產而第 2 期作則持平，然其稻穀平均產量為 5012 kg/ha，顯著高於對照品種之 4798 kg/ha 及各品系平均產量之 4581 kg/ha，顯示台農 84 號具有高產特性，更適合於第 1 期作栽培。

台農 84 號其全生育日數平均在第 1 期作為 129 天，第 2 期作為 109 天，較對照品種台稉 9

234

表 8. 水稻台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 的米粒理化特性

Table 8. Physicochemical characteristics of Japonica rice variety Tainung 84 (Chianung-yu 941002)

Variety	Year	Volumetric weight (g/L)	Water content (%)	Milling quality		Grain appearance						Cooking and eating quality			
				Brown rice (%)	Head rice (%)	Brown rice length	Brown rice shape	Translucency	White center	White belly	White back	Gelatinization temperature (℃)	Amylose content (%)	Protein content (%)	Gel consistency (mm)
1st crop season															
Chianung-yu 941002	2007	566.8	14.0	81.4	62.9	S[z]	B[y]	3.2	0.16	0.10	0.06	6L	19.0	5.74	90S
	2008	569.5	12.4	81.9	64.0	S	B	3.0	0.55	0.20	0	6L	17.2	5.62	98S
	Mean	568.2	13.2	81.7	63.5	S	B	3.1	0.36	0.15	0.03	6L	18.1	5.68	94S
Taikeng 9 (check variety)	2007	579.8	14.1	81.4	53.5	S	B	3.5	0.28	0.32	0	6L	17.7	5.65	89S
	2008	570.5	12.4	81.8	62.8	S	B	3.5	0.25	0.36	0.13	6L	13.9	5.83	99S
	Mean	575.2	13.3	81.6	58.2	S	B	3.5	0.27	0.34	0.07	6L	15.8	5.74	94S
2nd crop season															
Chianung-yu 941002	2007	464.1	13.9	81.1	69.9	S	B	3	0	0	0.37	6L	18.4	7.08	89S
	2008	554.4	13.6	82.2	63.4	S	B	3	0.21	0	0	6L	20.9	6.17	99S
	Mean	509.3	13.8	81.7	66.7	S	B	3	0.11	0	0.19	6L	19.7	6.63	94S
Taikeng 9 (check variety)	2007	526.5	13.8	82.0	71.1	S	B	3	0.34	0	0.10	6L	18.3	6.62	94S
	2008	546.2	12.3	81.5	65.2	S	B	3	0.50	0.48	0	6L	18.5	6.18	100S
	Mean	536.4	13.1	81.8	68.2	S	B	3	0.42	0.24	0.05	6L	18.4	6.40	97S

[z] Length of brown rice : VL (extra long): > 7.50 mm; L (long): 6.61–7.50 mm; M (medium): 5.51–6.60 mm; S (short): < 5.51 mm.

[y] Length and width ratio of brown rice: S (slender): > 3.0; M (medium): 2.01–2.99; B (bold): < 2.0.

表 9. 水稻台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 之食味品質

Table 9. Grain palatability of Japonica rice variety Tainung 84 (Chianung-yu 941002)

Variety	Year	Apperance	Aroma	Flavor	Cohesiveness	Hardness	Overall
1st crop season							
Chianung-yu 941002	2007	0.319 A[z]	-0.091 B	0.091 B	0.046 B	-0.228 B	0.046 B
	2008	0.100 B	0 B	-0.050 B	0 B	0.150 B	-0.050 B
Taikeng 9 (check variety)	2007	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
	2008	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
2nd crop season							
Chianung-yu 941002	2007	0 B	0 B	-0.063 B	-0.063 B	0.313 A	-0.063 B
	2008	-0.012 B	0 B	-0.167 B	-0.167 B	0.417 A	-0.167 B
Taikeng 9 (check variety)	2007	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
	2008	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B

z A: better than check variety; B: same as check variety; C: worse than check variety.

表 10. 水稻台農 84 號 (嘉農育 941002 號) 在稻穀儲藏試驗中之食味品質

Table 10. Grain palatability of Japonica rice variety Tainung 84 (Chianung-yu 941002) at different storage temperatures for different durations

Storage Period (Month)	Variety	Storage temperature	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesiveness	Hardness	Overall
1	Chianung-yu 941002	22–28℃	0 B[z]	0 B	0 B	-0.111 B	0.222 B	0 B
	Chianung-yu 941002	15℃	0.167 B	0 B	0.278 B	0.056 B	-0.056 B	0.167 B
	Taikeng 2	22–28℃	0 B	0 B	-0.167 B	-0.222 B	0.222 B	-0.167 B
	Taikeng 9[y]	15℃	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
2	Chianung-yu 941002	22–28℃	-0.046 B	0 B	-0.091 B	-0.182 B	0.182 B	-0.137 B
	Chianung-yu 941002	15℃	0.137 B	0 B	0.182 B	0 B	-0.137 B	0.091 B
	Taikeng 2	22–28℃	0 B	-0.046 B	-0.046 B	-0.364 C	0.364 A	-0.228 B
	Taikeng 9	15℃	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
3	Chianung-yu 941002	22–28℃	-0.056 B	0 B	-0.222 B	-0.333 C	0.222 B	-0.222 B
	Chianung-yu 941002	15℃	0 B	0 B	0.056 B	0 B	0.056 B	0.056 B
	Taikeng 2	22–28℃	-0.125 B	0 B	-0.222 B	-0.250 C	0.350 A	-0.350 C
	Taikeng 9	15℃	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
4	Chianung-yu 941002	22–28℃	-0.056 B	-0.056 B	-0.333 C	-0.556 C	0.612 A	-0.333 C
	Chianung-yu 941002	15℃	0 B	0 B	0.056 B	-0.167 B	0.222 B	0.056 B
	Taikeng 2	22–28℃	-0.167 B	0 B	-0.333 C	-0.778 C	0.723 A	-0.500 C
	Taikeng 9	15℃	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B
5	Chianung-yu 941002	22–28℃	-0.056 B	-0.056 B	-0.334 C	-0.556 C	0.778 A	-0.556 C
	Chianung-yu 941002	15℃	0 B	0 B	-0.111 B	-0.111 B	0.222 B	0 B
	Taikeng 2	22–28℃	-0.111 B	-0.167 B	-0.444 C	-0.834 C	0.889 A	-0.554 C
	Taikeng 9	15℃	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B	0 B

z A: better than the check variety Taikeng 9; B: same as the check variety; C: worse than the check variety.
y Check variety.

號均早熟 2 天，屬於中晚熟品種。其株高適中，第 1 期作為 86.9 cm，第 2 期作為 90.4 cm，分別較對照品種矮 9.8 cm 及 6.5 cm，屬半矮性品種。

在氮肥效應上，以投資報酬率衡量台農 84 號之氮肥施用效率，每施用 1 元氮素所獲得利益計算，在第 1 期作台農 84 號的報酬效益以氮素施用量由 80 kg/ha 增加至 120 kg/ha 時效益最大，每增施 1 元氮素有 28.69 元之產值，每增施 1 公斤的氮肥可以有 852.5 元產值；但施氮量由 120 kg/ha 增加至 160 kg/ha 時，每增施 1 元氮素只獲得 14.87 元產值，增施 1 kg 氮肥只有 425.2 元產值；施氮量由 160 kg/ha 增加至 200 kg/ha 時，每增施 1 元氮素亦只獲得 18.47 元產值，增施 1 kg 氮肥亦只有 528.2 元產值，顯示台農 84 號在第 1 期作的最適氮肥施用量為 120 kg/ha，而對照品種台稉 9 號則以氮肥施用量 160 kg/ha 時效益最大。在第 2 期作台農 84 號的氮肥施用報酬率，以施用量由 80 kg/ha 增加至 120 kg/ha 時，每增施 1 元及 1 kg 氮素其報酬效益最高分別達 5.25 元及 150.1 元，當施氮量由 120 kg/ha 增加至 160 kg/ha 時，每增施 1 元及 1 kg 氮素效益分別只有 3.15 元及 89.9 元，而氮肥施用量由 160 kg/ha 增加至 200 kg/ha 時，其氮肥效益亦只些微增加，顯示台農 84 號在第 2 期作最適氮肥施用量亦為 120 kg/ha。此氮肥推薦量不但可讓台農 84 號的產能獲得發揮，稻米品質亦可獲得維持。

台農 84 號耐倒伏性檢定結果，第 1 期作平均為 2.3 級；第 2 期作平均為 2.7 級，雖不及對照品種台稉 9 號之強稈，但在歷年試驗過程中並未曾發生有倒伏現象，可見其具有中等程度之耐倒伏性；惟在實際栽培時應注意肥培管理，避免施用過量氮肥而導致倒伏影響產量與品質。

台農 84 號之耐寒性經連續 3 年之檢定，在第 1 期作秧苗期之耐寒性平均為 2.3 級，略優於對照品種台稉 9 號之 3 級，但年度間差異 (1–5 級) 頗大；在第 2 期作成熟期之耐寒性平均為 3.7 級，略較台稉 9 號之 4.3 級為佳，惟年度間差異 (1–7 級) 甚大。本品種雖具有中度之耐寒性，惟據研究報導水稻在孕穗期 (開花前 14–7 天) 對低溫 (15–20℃) 最為敏感 (Yoshida 1981)，因此在栽培上應配合各地區最適當之時間栽植，以避免遭受寒害。

台農 84 號穗上發芽性檢定結果，在第 1 期作之平均值為 2.3 級，遠低於對照品種台稉 9 號之 7.7 級，在第 2 期作之平均穗上發芽性為 5 級，亦低於台稉 9 號之 9 級，顯示其穗上發芽率遠低於對照品種台稉 9 號，尤其在第 1 期作，惟年度間差異頗大。台農 84 號在第 1 期作之穗上發芽率較低，雖可減少因連續降雨而導致發芽影響產量與品質，但若欲做為第 2 期作稻種時，稻穀應充分乾燥並做適當之催芽處理，以免影響秧苗品質。在脫粒性方面，台農 84 號在第 1 期作與對照品種相同均為 7 級，在第 2 期作為 4.3 級亦與對照品種之 5 級相近，具有適中脫粒性，適宜機械採收。

台農 84 號抗稻熱病檢定結果，在水田式病圃對葉稻熱病之反應於嘉義及關山病圃均為抗級；對於穗稻熱病之反應在嘉義病圃為抗級，在關山病圃為中抗級，顯著的優於對照品種台稉 9 號之極感級；在旱田式病圃對葉稻熱病亦均呈抗級反應，顯示其對稻熱病具有穩定之抗病性。惟由於稻熱病病原菌之易變性，應注意在大面積栽培後由於稻熱病菌生理小種之可能產生變異而導致疏忽防治造成損失 (Chen & Tsai 2008)。白葉枯病為近年來危害水稻的最主要病害之一，且有愈來愈嚴重之趨勢；台農 84 號對於白葉枯病檢定之 XM-42 及 XF-89b 兩個菌株之反應均與對照品種相同呈感病反應，顯見其對白葉枯病之抵抗性欠佳，應適時注意防治，尤其是在颱風及豪雨過後應注意適時防治。台農 84 號對紋枯病之抵抗性與對照品種同為極感反應，因目前並無抗紋枯病種原，為減

少紋枯病為害，應避免於生育後期施用過量氮肥造成有利於紋枯病之發病環境。台農 84 號對於縞葉枯病之反應與對照品種同為中感級，應注意防治媒介昆蟲斑飛蝨，以降低傳播感染。

台農 84 號對褐飛蝨秧苗期之抵抗性為中抗級，對成株期之反應與對照品種相同均為感級；對於白背飛蝨及斑飛蝨則具有中等程度之抵抗性，在目前台灣地區白背飛蝨有日趨猖獗之時頗具重要性，可減少對此兩害蟲之防治費用。

台農 84 號之稻米品質，在糙米率及完整米率方面均與良質米對照品種台稉 9 號相近；在心、腹、背白總和及透明度方面則台農 84 號在兩期作均優於台稉 9 號；惟其直鏈澱粉含量則兩期作均高於台稉 9 號，因此在烹煮時應先浸泡並酌量增加水量，煮成之米飯軟硬度將更為適中可口；至於粗蛋白質含量則兩品種在兩期作間互有高低。台農 84 號之米飯食用品質總評在 2 年 4 期作均屬 B 級，顯示其米飯品質與良質米產區之良質米推薦品種台稉 9 號的米飯品質不分軒輊，具有生產良質米之潛能。台農 84 號稻穀經 1 至 3 個月之室溫儲存後，其每個月之食味品質與彰化縣埤頭鄉良質米產區生產並保存於 15℃下冷藏之台稉 9 號相同均為 B 級，並優於其母本亦即良質米推薦品種之台稉 2 號；惟其在室溫下儲存 4 個月後其口味、黏性及硬性部分有劣變現象。若收穫後貯存於低溫冷藏庫中則雖經 5 個月後仍可維持與冷藏之台稉 9 號相同食味品質，因此建議稻穀採收乾燥至 14–14.5%後儲存於冷藏庫中為佳。

台農 84 號具有米粒外觀良好，心、腹、背白少，透明度佳，食用品質優良，稻穀產量高，穗上發芽率較低，脫粒性適中，耐倒伏性尚佳，抗稻熱病、褐飛蝨、白背飛蝨與斑飛蝨，株高適中，適合機械收穫等優良特性，經 2010 年 11 月 4 日在雲林縣大埤鄉舉辦之「水稻新品種台農 84 號示範觀摩會」中，各界反應相當熱烈，各地區農會推廣人員及稻米產銷班農友等共有 180 多人參與，目前要求試種農會已多達 65 個，若能有計畫性推廣台農 84 號此優質抗病蟲之水稻品種並適地適種，不但可減少農藥使用量，降低環境之污染，生產優質安全稻米，提昇我國稻米產業競爭力，並可降低生產成本，增加農民收益，為台灣稻米產業注入新的活力。

誌　謝

本品種育成是稻作育種團隊合作的成果，感謝歷年來各稻作試驗改良場所參與各項試驗工作同仁的熱心協助與幫忙，試驗統計分析承本所呂副所長秀英博士斧正，文稿承本分所植物保護系前系主任鄭清煥博士修飾，特此一併誌謝。

引用文獻 (Literature cited)

Chen, L. C. and W. H. Tsai. 2008. Achievement and future strategy of rice breeding for resistance to blast in Taiwan. Agric. World. 300:58–65. (in Chinese)

Finley, K. W. and G. M. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 14:742–757.

International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Standard Evaluation System for Rice. IRRI Press. Los Banos, Laguna, Philippines. 56 pp.

Song, S. 1978. Study of classification of rice grain in Taiwan. Bull. Taichung DAIS. 2:26–31. (in Chinese with English abstract)

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. IRRI Press. Los Banos, Laguna, Philippines. 269 pp.

Breeding a New Japonica Rice Variety Tainung 84[1]

Lung-Che Chen[2,6], Dai-Jing Liao[2], Shou-Horng Huang[3], Woei-Shyuan Jwo[4], Hsin-Mu Yen[4], Jeng-Chung Lo[5], and Rong-Kuen Chen[5]

Abstract

Chen, L. C., D. J. Liao,. S. H. Huang, W. S. Jwo, H. M. Yen, J. C. Lo, and R. K. Chen. 2011. Breeding a new Japonica rice variety Tainung 84. J. Taiwan Agric. Res. 60:221–238.

This study was initiated in 2002 to developed new Japonica rice variety at the Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) by hybridization using Taikeng 2 as the female parent and Chianung-yu 872065 as the male parent and subsequent testing and selection of progenies in paddy fields. Based on a series of tests, including progeny selections, preliminary yield trials, advanced yield trials, regional yield trials, panel quality test, nitrogen response, and storage trial, the F_5 line Chianung-yu 941002 was selected and it was approved for registation as a new variety Tainung 84 in 2010 by the Committee of Registration for New Plant Variety of TARI. In addition to high yield potential, Tainung 84 also possed excellent grain appearance and good eating quality, low grain sprouting on-panicle and low incidence of lodging. Tainung 84 was also highly resistant to blast disease [*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.] and moderately resistant to brown planthopper [*Nilaparvata lugens* (Stål)], white backed planthopper (*Sogatella furcifera* (Horvath)) and smaller brown planthopper [*Laodelphax striatella* (Fallen)], but was susceptible to bacterial leaf blight [*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Ishiyama) Swings *et al*. 1990] and sheath blight [*Thanatephorus cucumeris* A.B. (Frank) Donk]. The growth duration of Tainung 84 was 129 days in the first crop season, and 109 days in the second crop season. In the regional yield trials, the average grain yield of Tainung 84 was 6585 kg/ha and 3340 kg/ha in the first and second crop season, respectively. An exceptional high yield of 10 to 12 t/ha for Tainung 84 was obtained in the first crop season of 2010 at the counties of Yunlin, Chiayi and Tainan. Thus, Tainung 84 is recommened for cultivation in all rice production regions in Taiwan in the first crop season and it is only suitable for cultivaton in the central and southern areas of Taiwan in the second crop season.

Key words: Japonica rice, *Oryzae sativa* cv. Tainung 84, Variety, Rice breeding.

---

1. Contribution No. 2583 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: September 6, 2011.
2. Agronomist and Assistant Agronomist, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
3. Assistant Entomologist, Plant Protection Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Assistant Agronomist, Crop Science Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Associate Agronomist and Head and Assistant Agronomist, Chiayi Branch Station, Tainan DAIS, Lutso, Chiayi, Taiwan, ROC.
6. Corresponding author, e-mail: chenlgce@dns.caes.gov.tw; Fax: (05)2773630.

「台灣農業研究」稿約

一、 本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10 印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫，但須附中英文摘要，全文以不超過 4 印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份 (內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張 (長 29.6 公分，寬 21 公分) 兩倍行高 (double space) 打字，12 號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3 公分，左右 2 公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman 字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利送審及電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目： 宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12 字；英文 6 字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者： 作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要： 不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過 5 個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過 500 字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文： 依序為前言 (INTRODUCTION)、材料與方法 (MATERIALS AND METHODS)、結果 (RESULTS)、討論 (DISCUSSION)、結論 (CONCLUSION)、誌謝 (ACKNOWLEDGEMENTS)、引用文獻 (LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，須以 WORD® 中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上**表 1. (Table 1.)**，**表 2. (Table 2.)** 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙 (白色透明紙) 上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中所有標示應以英文書寫 (Arial 字型) 或註明於標題之後。

3、照片以光面紙為原則，清晰度以縮小 50%可判讀為宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 為宜。

4、圖版及照片下方應有標題，並按文中出現的順序加上圖 **1. (Fig. 1.)**、圖 **2. (Fig. 2.)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文為限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al*. 1992)，以年代先後為序置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母為序。作者相同時以年代先後為序。

3、文獻之書寫方法以期刊為例，依序為作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之 "Serial Sources for the BIOSIS Previews Database"或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍

Sung, J. M. 1991. Nitrogen metabolism of rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍

Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊

Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31–38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

四、單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。單位如以英文表示，則用國際公認標準符號 (SI units) 代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里 (km)、公尺 (m)、公分 (=厘米) (cm)、公釐 (=毫米) (mm)、微米 (μm)。

(2)重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、μg。
(3)容積 (V)：公升 (L)、公撮 (=毫升) (mL)、μL。
(4)面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。
(5)溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。
(6)時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。
(7)濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。
(8)重力加速度：*g*。

2、其他之縮寫：平均 (*av*)、大約 (*ca*)、直徑 (diam.)。

3、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

4、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 P (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (r) 、決定係數 (R^2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。

5、其他問題：
(1)單位與其前面數值之間應空一格，如 220 g。
(2)數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如 P = 0.014、23.6 ± 3.0、15 × 2。
(3)在±、×或 to 的前後兩數值若是含有單位，請用 23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20℃ to 30℃ (即勿省略前面數值之單位)。
(4)數值起迄符號用– (全型破折號)，勿用~或-，且與前後兩數值之間無須留空格，如 3–6、2005–2007 年、7 月 20–25 日。
(5)年代一律用西元。

五、其他注意事項

1. 生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。
2. 中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。

六、投稿方式

1. 稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。
2.審稿程序請上網參閱本期刊「論文審查制度流程」，網址：http://www.tari.gov.tw/。

七、文稿必須是作者本身的著作，且作者為唯一的著作權擁有者，否則因此引發之法律責任將由作者負責。投稿應為未經刊登之文章，亦不得一稿多投。投稿需經所有作者同意。稿件經本期刊接受後，投稿人需繳交「著作權讓與書」，如未提供者，本期刊不予刊登。著作財產權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本期刊有權對文稿進行必要之詞句修改。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台 灣 農 業 研 究

（原中華農業研究）

第六十卷 第三期

中華民國一〇〇年九月出版

發 行 人：陳駿季
總 編 輯：方尚仁
主 編：陳盈佑 吳宜晏
編審委員：
生技組：吳明哲（主審）
作物組：歐錫坤（主審）
黃肇家 楊純明 施昭彰
農化組：郭鴻裕（主審）
簡宣裕 劉滄棽
植病組：安寶貞（主審）
鄧汀欽
應動組：高靜華（主審）
陳健忠
農工組：林木連（主審）
黃禮棟
種原組：溫英杰（主審）
農經組：張采蘋（主審）
花卉中心：謝廷芳（主審）
嘉義分所：楊宏仁（主審）
鳳山分所：陳甘澍（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 60, No. 3 September, 2010

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Chen, Junne-Jih

EDITOR IN CHIEF: Fang, Shan-Jen

EDITORS:

Chen, Ying-You Wu, Yi-Yan

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)

Chen, Kan-Shu (Tropical Horticulture)

Hsieh, Ting-Feng (Floriculture)

Lin, Mu-Lien (Agriculture Engineering)

Wen, Ien-Chie (Crop Genetic Resources)

Yang, Hong-Ren (Subtropical Agriculture)

Chang, Tsai-Ping (Agriculture Economics)

Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)

Kao, Ching-Hua (Applied Zoology)

Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)

Wu, Min-Tze (Biotechnology)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Chien-Chung

Chien, Shiuah-Yuh

Deng, Ting-Chin

Huang, Chao-Chia

Huang, Li-Duhng

Liu, Tsang-Sen

Shih, Jau-Chang

Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

台灣農業研究第六十卷第三期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：陳駿季

總 編 輯：方尚仁

地　　址：41362台中市霧峰區萬豐里中正路189號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)23302301

出版日期：中華民國一○○年九月三十日

定　　價：新臺幣一七五元

展售門市：

1. 國家書店 / 104 臺北市松江路209號1樓　　(02)25180207
   國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場 / 400 臺中市中山路6號　　(04)22260330

承 印 者：學安文化事業有限公司

電　　話：(04)22861600

ISSN 0022-4847

GPN 2009500560

September, 2011

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 60, No. 3

Research Reports

Survey of *Botryosphaeria* spp., Causal Agents of Postharvest Disease of Avocado, in Taiwan
Hui-Fang Ni, Ming-Fuh Chuang, Shu-Li Hsu, Su-Yu Lai, and Hong-Ren Yang 157

Effects of Steam Treatment of Soil on Production of Oriental Melon (*Cucumis melo*) in a Commercial Greenhouse
Yu-Hua Wang, Jiun-Feng Su, Chih-Kai Yang, Yu-Wen Lin, Chen-Yu Lin, and Meng-Li Wei 167

Measuring Baking Quality of Root Tubers of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Variety TNG 57 by Near Infrared Reflectance Spectrometer
Hsin-Chen Li and Dah-Jing Liao 178

Effect of Insecticides on *Closterocerus okazakii* and *Chrysoncharis pentheus* (Hymenoptera: Eulophidae), Parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae)
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang 185

Genetic Analysis of Off-Type Plants of Rice in the Three-Step Propagation Nursery
Dong-Hong Wu and Kae-Kang Hwu 197

Latent Heat and CO_2 Flux Measurement in the Litchi Orchard
Ming-Hwi Yao, Chun-Jen Chen, and Guo-Sheng Huang 211

Breeding a New Japonica Rice Variety Tainung 84
Lung-Che Chen, Dai-Jing Liao, Shou-Horng Huang, Woei-Shyuan Jwo, Hsin-Mu Yen, Jeng-Chung Lo, and Rong-Kuen Chen 221

Published by Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號 中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847

GPN 2009500560
定價：新台幣一七五元